
[redacted]

СВЯЗКА - 586

[redacted]

85 - листов.

Предприятие п/я Г-4149

[redacted]

Экз. №____

[redacted]

„УТВЕРЖДАЮ"
Директор предприятия
______________(ГУСЕВ)
„9" VIII. ______1972 г.

„СОГЛАСОВАНО"
Главный конструктор
предприятия
______________(РЯЗАНСКИЙ)
„9" VIII ______1972 г.

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС АВТОМАТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ „ЛУНА-17" и „ЛУНОХОД-1"

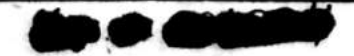
(ОБЪЕКТ Е8 № 203)

(Отчет)

Начальник отделения,
зам. главного конструктора *(ГАЛИН)*

1972

[redacted]

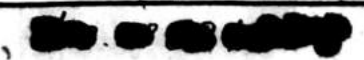

[redacted]

Участники

подготовки и проведения натурных испытаний

Андреева Л.П.	-	руководитель группы
Адаскин Н.Б.	-	старший инженер
Бакитько Р.Г.	-	начальник отдела
Болдин В.И.	-	начальник лаборатории
Букарева А.А.	-	старший инженер
Галин Е.Н.	-	начальник отделения
Гагарский С.С.	-	старший инженер
Гинзбург И.У.	-	начальник лаборатории
Говоров В.М.	-	начальник лаборатории
Засецкий В.В.	-	начальник лаборатории
Зенкевич О.А.	-	начальник лаборатории
Ивенский Д.С.	-	начальник лаборатории
Кирейченко В.И.	-	начальник лаборатории
Кручкович М.М.	-	начальник лаборатории
Лебедев С.Е.	-	старший инженер
Молотов Е.П.	-	начальник отдела
Малючков О.Е.	-	старший инженер
Пиковский И.И.	-	начальник отдела
Поляков А.Г.	-	руководитель группы
Путиловский Б.М.	-	старший инженер
Серегин В.И.	-	руководитель группы
Селиванов А.С.	-	начальник отдела

[redacted] .


[redacted]

Серегин В.А.	- старший инженер
Тимофеев В.Ю.	- старший научный сотрудник
Тимохин В.А.	- начальник лаборатории
Тумасьян И.Г.	- инженер-исследователь
Тучин Ю.М.	- руководитель группы
Хисин Б.Я.	- руководитель группы
Черныш Г.И.	- начальник лаборатории

[redacted]

[redacted]

ОГЛАВЛЕНИЕ

[redacted]


[redacted]

Глава I

НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ РК-Е8

Основной задачей радиотехнического комплекса, установленного на об"екте Е8, является обеспечение многофункциональной двусторонней радиосвязи, измерение параметров движения, управление системами об"екта на перелете Земля-Луна, на орбите искусственного спутника Луны (ИСЛ), на участке спуска на поверхность Луны, обеспечение работы с поверхности Луны (рис. I).

На участке перелета Земля-Луна комплекс РК-Е8 выполняет следующие задачи:

- прием и выдачу функциональных и числовых команд (уставок) для управления системами об"екта;
- ретрансляцию сигнала измерения параметров движения об"екта на траектории перелета Земля-Луна, на орбите ИСЛ и на участке спуска на поверхность Луны;
- передачу телеметрической информации о состоянии систем об"екта;
- передачу квитанций функциональных команд и маркерных сигналов работы програмно-временного устройства (ПВУ);
- формирование и выдачу ряда последовательных команд (жестких программ), закладку, хранение и отработку числовой информации (гибкие программы и уставки) для управления системами об"екта в соответствии с програмой полета;

[redacted]

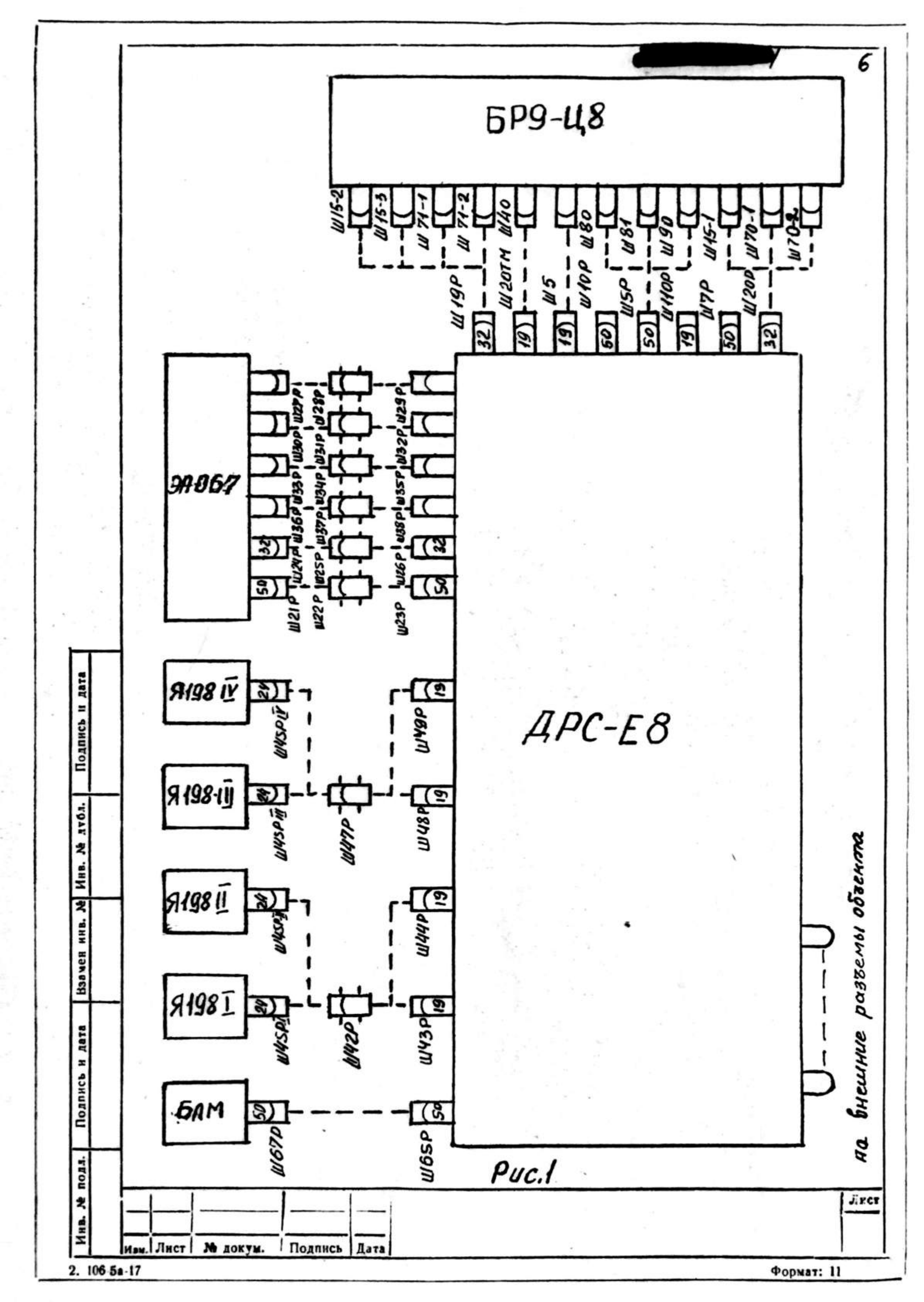
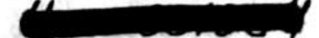


Рис.1

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Лист

Инв. № подл. | Подпись и дата | Взамен инв. № | Инв. № дубл. | Подпись и дата


[redacted]

- формирование программы мягкой посадки на лунную поверхность.

На поверхности Луны комплекс РК-Е8 выполняет следующие задачи:

- прием функциональных команд для управления системами лунохода;
- передачу на Землю телеметрической информации;
- передачу на Землю фототелевизионного изображения и научной информации с системы "Рифма" на стоянках лунохода;
- передачу малокадрового телевизионного изображения при движении об"екта.

В систему РК-Е8 входят:

- дальняя радиосистема ДРС;
- система малокадрового телевидения МКТВ;
- система фототелевидения ФТ.

§ I. Система ДРС

В систему дальней радиосвязи входят (рис. 2):

- приемная радиолиния Земля-борт, состоящая из двух дублированных каналов - метрового и дециметрового;
- передающая радиолиния борт-Земля, дециметрового диапазона, дублированная холодным резервированием.

Дециметровая радиолиния Земля-борт работает на частоте 285Δ в режиме непрерывного излучения с амплитудной манипуляцией. По радиолинии передаются следующие информации:

[redacted]

[redacted]

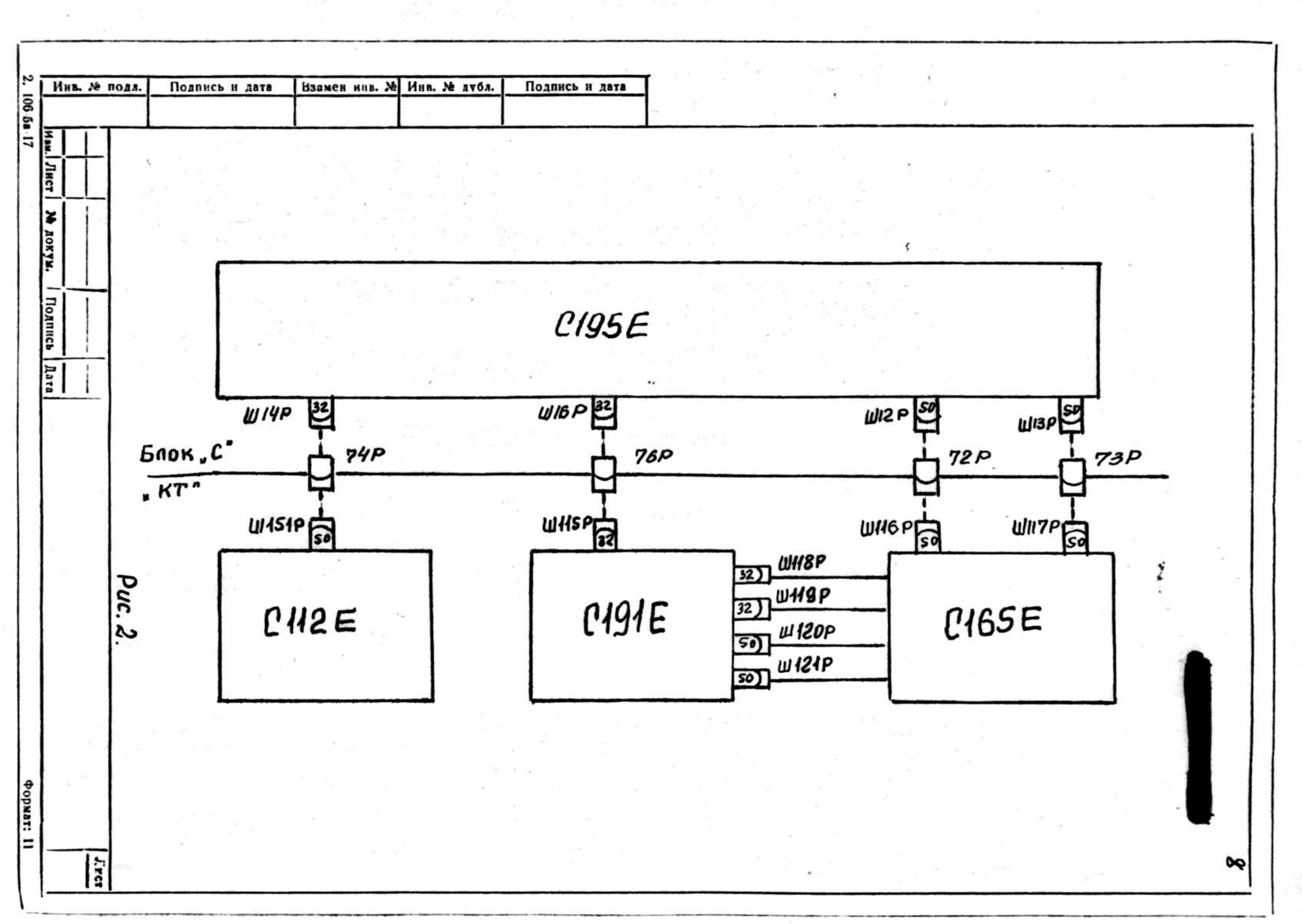


Рис. 2.

[redacted]

- 254 функциональные команды, время передачи одной команды составляет I,3 сек;

- числовые команды (уставки) в виде I6-разрядного двоичного кода, время передачи одной уставки составляет 3,5 сек;

- сигнал запроса дальности и скорости, в системе предусмотрена возможность совмещения двух информаций: запроса дальности и команд (уставок). При этом запрос дальности передается методом фазовой модуляции, а команды - методом амплитудной модуляции.

Чувствительность линии по каналу приема команд составляет $I,6.IO^{-I4}$ вт (-I38 дб).

Функциональные команды передаются методом амплитудной манипуляции несущей (285Д) командными поднесущими частотами, в диапазоне 20-25 кгц. Запросный сигнал параметров движения передается с Земли методом амплитудной манипуляции либо фазовой манипуляции несущей частотами 30 или 75 кгц, полоса бортового канала ретрансляции 600 кгц.

Метровая радиолиния Земля-борт работает на частоте 475/I2Д и является дублирующей линией для передачи числовых и функциональных команд. Чувствительность метрового канала составляет $I,2.IO^{-I5}$ вт (-I49 дб). Передача информации осуществляется методом амплитудной манипуляции.

Дециметровая радиолиния борт-Земля работает на частоте 342Д с непрерывным излучением несущей частоты.

[redacted]

[redacted]

По линии методом линейно-фазовой модуляции передаются следующие информации:

а) телеметрическая - 10-разрядным двоичным относительным, потенциальным кодом со следующими скоростями:

- на участке перелета Земля-Луна скорость 3200 и 800 изм/сек;

- на участке искусственного спутника Луны (ИСЛ) 400, 200, 50 изм/сек;

- на поверхности Луны в чистом режиме и при совмещении с фототелевидением и малокадровым телевидением 200 и 50 изм/сек;

б) сигнал траекторных измерений, получаемый в результате преобразования на борту принятого сигнала 285Δ в сигнал 9/5Δ; при этом амплитудная или фазовая манипуляция сигнала дальности (30 или 75 кгц) переносится с одного сигнала на другой;

в) квитирование функциональных команд и уставок при закладке в память на перелете Земля-Луна, которое осуществляется путем передачи на Землю разрядов в темпе передачи их на борт, причем каждой посылке соответствует своя поднесущая частота; эти частоты формируются в балансном модуляторе, имеющем опорную частоту 256 кгц, которая манипулирована дискретными частотами 0,7-2,5 кгц;

г) сигнал "второе исполнение", служащий для контроля прохождения команд на "Луноходе-I", в виде посылки длительностью 250±50 мсек, заполненной частотой 260 кгц;

[redacted]

[redacted]

д) фототелевизионная информация - частотной модуляцией на одной из двух или на двух одновременно поднесущих частотах 130 и 190 кгц;

е) малокадровое телевидение - частотной модуляцией на поднесущей частоте 750 кгц, к которой линейно подмешивается сигнал принудительной синхронизации I Мгц.

По линии борт-Земля допускаются следующие совмещения видов передаваемых информаций;

- телеметрической с квитанциями функциональных или числовых команд;

- телеметрической с фототелевизионной;

- телеметрической с малокадровым телевидением.

При совмещении видов информации модулирующая функция имеет вид линейной суммы исходных сигналов чистых режимов.

В ответной радиолинии применен передатчик с излучаемой мощностью не менее 15 вт.

Вид модуляции - фазовая с индексом $\theta = 75 \div 85^0$.

В систему ДРС входит ПВУ - прибор С-191Е, который формирует :

а) десять жестких программ, с максимальным числом меток в каждой программе - 12, дискретность формирования временных интервалов 1 или 10 сек.; допускается одновременная отработка только одной программы; управление работой программно-временного устройства осуществляется функциональными командами с Земли или сигналами ПВУ; метки программ выдаются на системы об"екта в виде напряжения $-(27^{+5}_{-3})$в с длительностью 250±50мксек;

[redacted]


[redacted]

б) 20-минутную сетку импульсов для отключения передатчиков в приборе С-195Е.

Шесть групп блоков памяти прибора С-191Е позволяют: вводить, хранить и отрабатывать коды числовых уставок и гибких программ (ГП); количество разрядов в кодах - 16.

Максимальное время отработки уставок и ГП:

- уставки в СУ 0,025-3270 сек.;
- уставки в САО 0,1-3276 сек.;
- ГП 1-65536 сек.

Команды на запуск отработки уставок и ГП поступают по командам КРЛ и по меткам ПВУ.

Подготовка к натурным испытаниям и проведение испытаний

Аппаратура ДРС для об"екта № 203 была изготовлена на заводе в полном соответствии с документацией Главного конструктора, прошла приемо-сдаточные испытания в полном об"еме и была поставлена заводу им. Лавочкина для установки в об"екте № 203 и проведения испытаний ее в КИСе завода им.Лавочкина на технической и стартовой позициях.

В сентябре 1970 г. при проведении комплексных испытаний аппаратуры в КИСе завода им. Лавочкина получены два замечания:

- отказ прибора С-219 (входит в состав С-195Е);
- неустойчивая работа первого дешифратора команд - прибор С-168М3 (входит в состав С-195Е).

[redacted]

[redacted]

На заводе-изготовителе приборов произведен анализ отказов.

Анализ показал:

- в приборе С-219 вышел из строя электроэлемент, отказ единичный, прибор заменен;

- в приборе С-168М3 отказ конструктивный, документация скорректирована, прибор доработан.

Аппаратура ДРС прошла комплексные испытания в составе об"екта на технической и стартовой позициях без замечаний, с положительными результатами, и была допущена Главным конструктором к летно-конструкторским испытаниям.

Старт ракетно-космического комплекса с об"ектом № 203 ("Луна-17") произведен 12 ноября 1970 года, об"ект вышел на заданную траекторию полета к Луне.

Аппаратура ДРС участвовала в управлении системами об"екта во время всего полета на этапах: выведения на орбиту, разгона, доразгона, на трассе перелета к Луне, на орбите искусственного спутника Луны и при посадке на поверхность Луны.

На всех участках полета аппаратуры ДРС функционировала нормально, без замечаний.

17 ноября 1970 г. об"ект "Луна-17" совершил мягкую посадку на поверхность Луны. Сразу после посадки произведен сеанс радиосвязи с передачей фототелевизионного панорамного изображения, позволившего произвести оценку местности в районе посадки, состояние трапов для схода "Лунохода-I" с перелетной

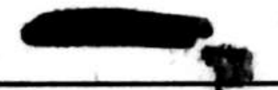
[redacted]

[redacted]

ступени и произвести выбор направления движения на Луне. После чего произведем сход "Лунохода-I" с перелетной ступени и раскрытие солнечной батареи для зарядки химических источников питания. На этом закончена программа первого лунного дня. Во время первой лунной ночи проведено несколько сеансов связи, в которых была передана телеметрическая информация о состоянии систем об"екта. Об"ект просуществовал II лунных месяцев, причем во время лунной ночи об"ект стоял на месте, аппаратура ДРС находилась в дежурном режиме с включенным одним приемником метрового диапазона, второй приемник включался по датчику "тепла" с наступлением лунного дня. Во время лунного дня проводились сеансы связи с луноходом, во время которых с Земли осуществлялось управление его движением по радиокомандам, а с лунохода на Землю передавались следующие информации: телевизионное изображение (МКТВ) по курсу движения, фототелевизионные панорамы, научная информация на стоянках и телеметрическая информация о состоянии систем об"екта.

Во время четвертого лунного дня при проведении сеансов связи через второй комплект передатчика (С-I63М-П) наблюдалось уменьшение информативной мощности. Во время шестого сеанса связи четвертого лунного дня (№ 406) с борта принималась только несущая.

В связи с отказом передатчика С-I63М-П оперативная группа управления на НИП-IO приняла решение перейти на работу через передатчик первого комплекта (С-I63М-I). К моменту отказа передатчик наработал I2I^h 58^m (при гарантии 250 часов). В остальных сеансах связи четвертого лунного дня


[redacted]

[redacted]

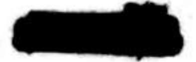
производилась попытка включить передатчик С-163М-П, с борта поступала только несущая. В пятый лунный день в сеансах связи № 504, 505, 506 передатчик работал нормально. В сеансе № 507 с борта поступала только несущая, прибор С-163М-П отказал окончательно, к этому моменту его наработка была равна 138^h 15^m. Начиная с сеанса № 507, связь с об"ектом проводилась только через передатчик первого комплекта.

Передатчик С-163М-I нормально функционировал до седьмого лунного дня. В сеансе связи № 707 (11 мая 1970г.) постепенно уменьшалась информативная мощность, в некоторые моменты доходя до нуля – принималась только несущая. К моменту отказа передатчик наработал 212^h 36^m . Характер отказа аналогичен отказу прибора С-163М-П, но в приборе С-163М-I информативная мощность уменьшалась постепенно, а в приборе С-163М-П скачком.

В сеансах после седьмого лунного дня при малой информативной мощности с борта передавалась только телеметрия, при нормальной величине передавалось телевидение (МКТВ) и телеметрия.

В двенадцатый лунный день бортовой передатчик не включился, отказало бортовое питание об"екта. "Луноход-I" прекратил свое существование.

Анализ отказов передатчиков С-163М произведен на предприятии, а также сопоставлены фактические данные по отказам передатчиков, проделаны дополнительные эксперименты в заводских условиях и на "Луноходе-I", в результате которых установлено:



[redacted]

а) приборы С-I63М-I (зав. № ЮI4509843Н) и С-I63М-П (зав. № ЮI450984IН), входящие в состав комплекса ДРС, установленного на об"екте № 203, были изготовлены предприятием п/я Г-48I0 в октябре-ноябре I969 года;

б) в процессе изготовления приборов, в частности во время регулировки и автономной проверки их, а также при проверках в составе комплекса ДРС и РК замечаний со стороны ОТК и военного представителя не было;

в) на предприятии п/я А-7544 и на технической позиции при проведении комплексных испытаний замечаний по работе приборов С-I63М не было;

г) в процессе ЛКИ отказ передатчика С-I63М-П произошел после I2I^h 58^m работы и является практически полным отказом.

На стенде предприятия п/я Г-48I0 были произведены исследования прибора (зав. № ЮI4509826Н), имеющего аналогичный характер отказа (уменьшение мощности и индекса модуляции), при детальном исследовании прибора установлен отказ диода IА40I в каскаде ФК-IК (см. акт № 3I-II от 29/УI I97I г.). Сопоставив характер отказов приборов С-I63М на изделии № 203 с отказами в приборе на заводе, можно сделать вывод, что наиболее вероятной причиной ненормальной работы прибора на об"екте является отказ диода IА40I в модуляторе ФМ-IК.

[redacted]

[redacted]

Из протокола исх. № 3I-366, подписанного представителями заводов-изготовителей диодов IA40I (п/я В-2664 и п/я А-4527), следует, что при существующей конструкции и технологии изготовления диодов этого типа возможны единичные случаи выпуска диодов со скрытым прогрессирующим дефектом. В связи с чем в конце I970 г. предприятиями-изготовителями приняты меры по повышению надежности диодов.

При работе бортовых передатчиков через остронаправленную антенну ОНА об"екта с заданным коэффициентом усиления $К_у = 30$ ожидаемое соотношение $P_c/P_ш$ должно было быть 500-600 в полосе 50 кгц. Фактически в сеансах связи это соотношение не превышало 200. Для анализа причин уменьшения соотношения и определения фактического $К_у$ с об"ектом произведен эксперимент, позволяющий произвести расчет величины $К_у$ бортовой антенны ОНА.

При проведении этого эксперимента об"ект занимал следующее положение:

- крен $2^о$;
- дифферент $2^о$;
- угол места Земли относительно плоскости лунного горизонта $42^о$;
- угол места оси антенны $4I^о$.

Соотношение $P_c/P_ш$ замерялось при приеме на Земле сигнала следующими антеннами ТНА-400, КТНА-200 и АДУ-I000, перед началом эксперимента антенны юстировались по Кассиопее, при этом получены следующие их эффективности S/T= 2,8; 0,39; 4,2 соответственно.

[redacted]

[redacted]

Мощность бортового передатчика С-163М-П определялась по телеметрическим датчикам КБВ, она равна 18 вт.

После вхождения наземных средств в связь производился поиск максимального принимаемого сигнала в азимутальной плоскости (горизонтальной).

В сеансе связи с луноходом замерены следующие соотношения сигнал/шум:

ТНА-400 $P_с/P_ш = 200$,

КТНА-200 $P_с/P_ш = 28$.

Из формулы

$$\frac{P_с}{P_ш}\,\Delta F = \frac{P_б\, S/T\, K_у}{4\pi K R^2}$$

определим величину $K_{у_{ОНА}}$

$$K_{у_{ОНА}} = \frac{P_с \Delta F\, 4\pi K\, R^2\, T}{P_ш P_б\, S} \approx 5{,}5\ ;$$

при работе с обеими наземными антеннами коэффициент усиления бортовой антенны ОНА в 5÷6 раз меньше величины, оговоренной в ТЗ.

В сеансах пятого лунного дня аналогичным способом производилось измерение $K_у$ антенны МНА, рассчитанное по результатам измерения $K_у = 1.1$. Рассчитанная величина $K_у$ приблизительно в 2 раза меньше ожидаемой.

[redacted]

[redacted]

В сеансах № 209 и 3II измерялась диаграмма направленности антенны ОНА при работе на прием, в результате получено, что $\theta = 34^{\circ}$ вместо ожидаемых 24°.

При работе по метровой радиолинии Земля-борт отмечалось повышенное непрохождение функциональных команд на борт, которое об"ясняется сильной изрезанностью диаграммы направленности бортовых антенн - провалы до нуля.

Общая наработка аппаратуры ДРС

Данные о наработке основных приборов, входящих в радиокомплекс, сведены в табл. I.

Таблица I

Состояние об"екта	С-I63М-I	С-I63М-II	С-II5-I	С-II5-II	С-I70-I	С-I70-II
К моменту старта об"екта	80	45	-	-	-	-
К моменту посадки на Луну	94^h08^m	66^h12^m	157^h06^m	2^h	157^h06^m	30^h
К моменту последнего включения лунохода	296^h34^m	138^h15^m	1696^h06^m	1710^h15^m	4375^h06^m	3707^h

За время существования об"екта на борт было передано следующее число радиокоманд:

- по метровой радиолинии I966;
- по дециметровой радиолинии 22877.

[redacted]


[redacted]

Выводы

I. Система ДРС, установленная на об"екте № 203, полностью обеспечила следующие задачи:

- управление системами об"екта и контроль за орбитой полета при выведении об"екта типа Е8 к Луне;
- посадку в заданном районе на поверхности Луны;
- управление движением лунной автоматической станцией "Луноход-I";
- штурманские счисления курса с помощью телевизионных средств об"екта.

2. Аппаратура ДРС полностью соответствует пред"явленным к ней техническим требованиям и позволяет оперативно управлять системами об"екта на всех этапах летно-конструкторских испытаний (ЛКИ).

3. Отдельные отказы аппаратуры в системе ДРС в процессе ЛКИ являются отказами экземпляра и на последующие изделия не распространяются.

4. Положительные результаты работы аппаратуры системы ДРС и выполнение всех возможных функций позволяют сделать вывод, что система ДРС может быть использована как базовая при разработке аппаратуры аналогичного класса.

[redacted]

[redacted]

§ 2. Система МКТВ

Основной задачей системы малокадрового телевидения 9А-007 (МКТВ), установленной на "Луноходе-I", является оперативная передача изображения лунной поверхности в процессе управления движением самоходного аппарата.

Энергетический потенциал радиолинии об"екта Е8 не позволяет осуществить передачу стандартного телевизионного сигнала - наиболее удобного для целей вождения.

Для передачи телевизионного сигнала по узкополосной радиолинии впервые используется стробоскопический метод передачи, основанный на возможности поэлементной передачи телевизионного сигнала путем растяжки во времени каждого элемента изображения в необходимое число раз с соответствующим увеличением времени передачи.

Этот метод позволяет:

- работать в широком диапазоне скоростей передачи изображения (адаптация к времени передачи одного кадра изображения);
- обеспечить изменение скорости передачи (в заданном диапазоне) путем командного электронного управления без смены элементов или блоков системы;
- использовать на приемном пункте единую, не зависящую от выбранной скорости передачи, стандартную широковещательную систему наблюдения и регистрации видеосигнала;
- обеспечивать совместимость со стандартной широковещательной телевизионной системой с минимальной потерей качества исходного изображения.

[redacted]

[redacted]

Сущность метода заключается в следующем.

Если в одном кадре изображения, формируемого стандартной телевизионной системой, содержится информация об"емом Q_1, которая может быть передана (за время одного кадра) по каналу связи с минимальной полосой пропускания П1, то по каналу связи с полосой пропускания $П2 = \frac{П1}{n}$, где n - любое целое число будет (за время одного кадра) передано количество информации $Q_2 = \frac{Q_1}{n}$. Соответственно вся информация Q_1 может быть передана за n кадров. Но такая растяжка во времени передачи информации возможна лишь для неподвижного об"екта передачи.

Отсюда вывод - система должна содержать запоминающее устройство с об"емом памяти Q_1 и временем ее хранения, равным новому времени передачи $t_{сч} = T_к \cdot n$, где $T_к$ - время передачи одного кадра в стандартной телевизионной системе.

Так как реальный об"ект передачи подвижен, то система позволяет передавать отдельные фазы движения и, следовательно, работа передающих камер должна происходить в режиме короткого экспонирования (для исключения смаза изображения) и последующего считывания по памяти. В качестве запоминающего устройства использован видикон с регулируемой памятью (ВРП) типа "Клевер".

Для передачи сообщения, спектр которого простирается до верхней граничной частоты $f_{ВГ}$ методом амплитудно-импульсной модуляции, необходимо взять число отсчетов, согласно теореме Котельникова, равное $N_1 = 2f_{ВГ}$. Считая, что передаваемое сообщение может быть повторено n раз, нетрудно показать, что в течение каждого повторения число отсчетов может быть

[redacted]

[redacted]

взято $N_2 = \frac{N_1}{n}$, но временное положение импульсов отсчета каждый раз должно меняться на величину $\Delta t = \frac{1}{2f_{ВГ}}$, называемую шагом считывания.

Механизм выборки информации применительно к статическому телевизионному сигналу поясняется временной диаграммой рис. 3, а пространственно-временное расположение импульсов отсчета на телевизионном растре - рис. 4.

Во время одного стандартного кадра берется выборка информации, содержащейся в одном элементе каждой строки, во время второго кадра - информация от каждого второго элемента всех строк и т.д., пока не будут опрошены все элементы, составляющие целый кадр телевизионного сигнала.

В данном примере выборка информации производится с частотой повторения строчных синхроимпульсов, а импульс опроса меняет по отношению к ним свое временное положение на величину Δt , равную размеру элемента изображения.

Совокупность мгновенных значений сигнала, получаемых путем отсчета импульсами опроса, представляет собой амплитудно-модулированную импульсную последовательность.

Частота следования импульсов опроса, т.е. число опрашиваемых элементов строки во время каждого повторения кадра может меняться в зависимости от полосы пропускания канала связи, но должна быть кратной частоте строчных синхроимпульсов. В канал связи передается огибающая амплитудно-модулированной импульсной последовательности. Частота следования импульсов опроса выбирается из соотношения

[redacted]

[redacted]

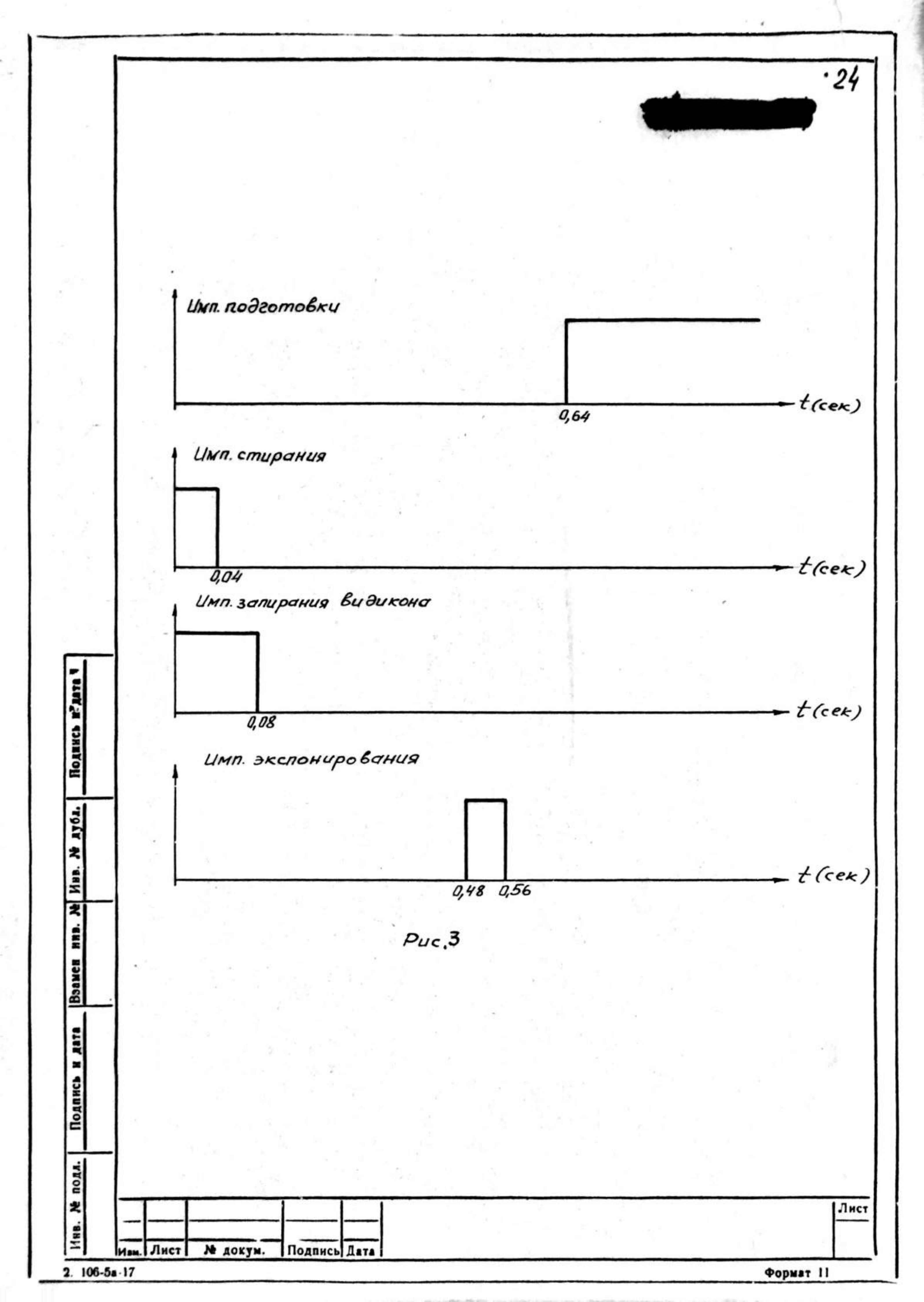


Рис. 3

[redacted]

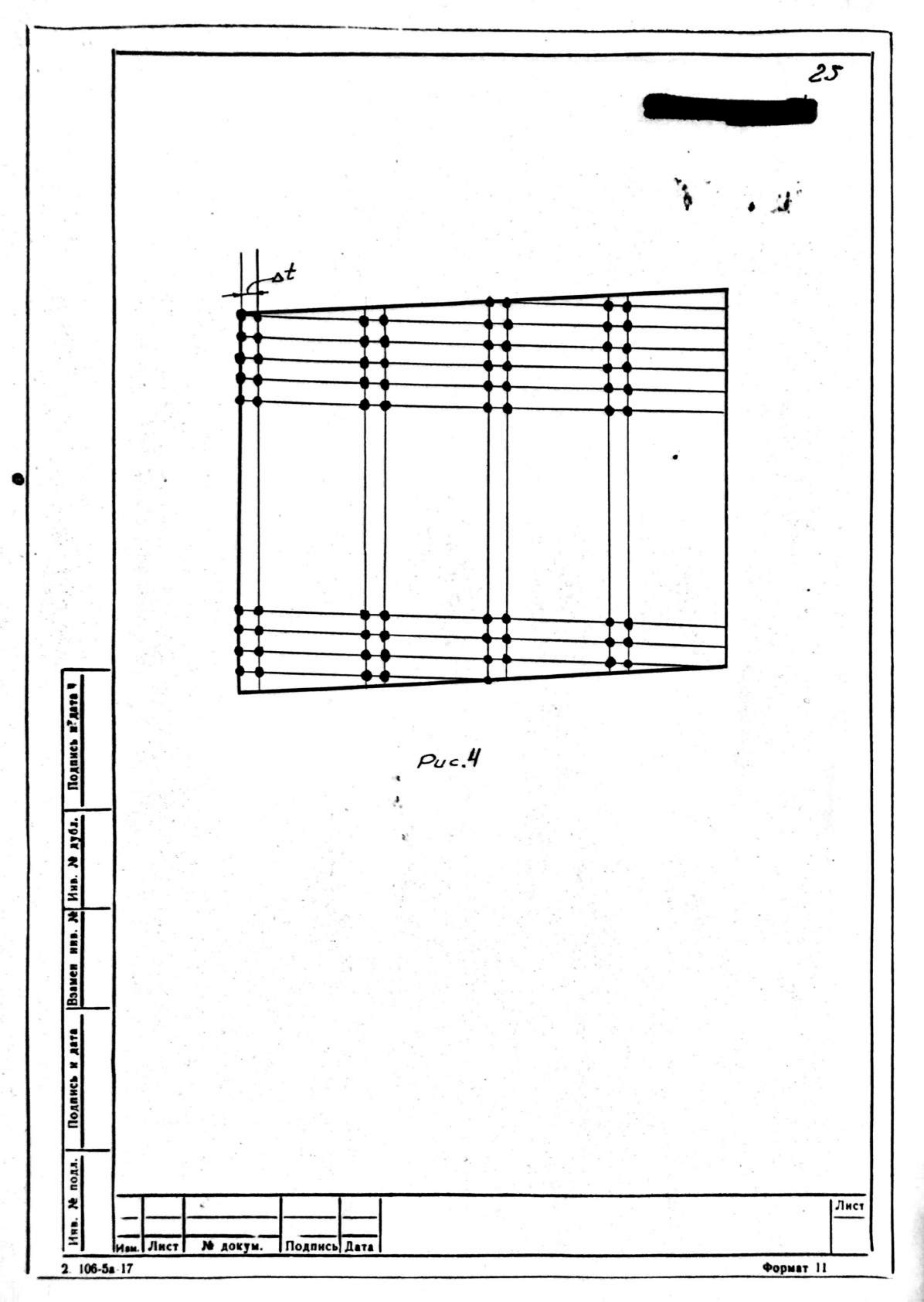


Рис.4


[redacted]

$$f_{след} = k \cdot f_{стр} \leq 2П_k ,$$

где $f_{стр}$ - частота следования строчных синхроимпульсов;

$П_k$ - полоса пропускания канала связи;

k - любое целое число.

Основные временные соотношения для системы ЭА-007:

а) n - коэффициент преобразования

$$n = \frac{f_{ВС}}{f_{гк}} ,$$

где $f_{ВС}$ - верхняя граничная частота спектра передаваемого сигнала;

$f_{гк}$ - граничная частота, пропускаемая каналом связи на заданном уровне затухания;

б) $t_{сч}$ - время считывания кадра $t_{сч} = T_k \cdot n$;

в) τ - длительность импульса опроса $\tau = (0{,}2 \div 0{,}3)\Delta t$;

г) $f_{след}$ - частота следования импульсов опроса

$$f_{след} = k \cdot f_{стр} - 2П_к$$

Для определения шага считывания Δt необходимо знать максимальную разрешающую способность системы. При применении миниатюрного видикона типа "Клевер" в выходном изображении четкость обычно бывает 350-400 строк. Для передачи такого сигнала нужен канал с полосой пропускания, соответствующей $f_{ВС} \simeq$ 4Мгц.

[redacted]

[redacted]

Отсюда

$$\Delta t = \frac{1}{2f_{BC}} = \frac{I}{2.4.10^6} = 0,I25 \text{ мксек.}$$

Число отсчетов, взятое из строки стандартного кадра

$$N_2 = \frac{H}{\Delta t} = \frac{64}{0,I25} = 5I2,$$

а

$$n = \frac{f_{BC}}{f_{ГК}} = \frac{4.I0^6}{62500} = 64$$

и соответственно

$$t_{сч} = T_k \cdot n = 0,04.64 = 2,56 \text{ сек.}$$

К величине $t_{сч}$ = 2,56 сек. необходимо добавить $t_{подг}$ = 0,64 сек. (время подготовки мишени ВРП) для того, чтобы получить действительную величину времени передачи одного кадра изображения $t_{пер}$

$$t_{пер} = t_{сч} + t_{подг} = 2,56 + 0,64 = 3,2 \text{ сек.}$$

Данные о режимах работы системы ЭА-007 сведены в табл. 2.

[redacted]

[redacted]

Таблица 2

$f_{гк}$, гц	$f_{след}$, гц	$t_{сч}$, сек.	$t_{подг}$, сек.	$t_{пер}$, сек.
7812,5	15625	20,48	0,64	21,12
15625	31250	10,24	0,64	10,88
31250	62500	5,12	0,64	5,76
62500	125000	2,56	0,64	3,2

Система ЭА-007 состоит из двух курсовых телевизионных камер (прибор Э101/1331 - левый и Э101/133П - правый) и блока канала коммутации (прибор Э-144).

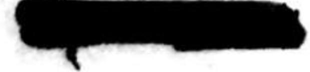
Прибор Э-144 состоит из блока канала и преобразования спектра (прибор Э-142 - 2 шт.), блока автоматики и коммутации (прибор Э-134) и стабилизатора напряжения (прибор Э-144 - 2 шт.).

Работу и управление всех узлов системы осуществляет блок канала, управления и синхронизации временной диаграммы (см. рис. 3) и синхрогенератор прибора Э-142.

При подаче команды "стирание" с помощью кратковременной засветки мишени ВРП осуществляется стирание предыдущего изображения, при этом ВРП заперт.

По команде "запись" происходит экспонирование сюжета на мишень видикона. Время считывания полного изображения кадра, как указывалось выше, может изменяться от 2,56 до 20,48 сек. При считывании видеосигнал поступает на устройство преобразования спектра, где с помощью импульсов опроса преобразуется

[redacted]


[redacted]

в узкополосный сигнал. Частота следования импульсов и шаг считывания определяются блоком управления по команде с Земли. Промодулированные по амплитуде импульсы с временем сброса, равным 50% от периода следования, поступают на частотный модулятор (прибор С-2I9), расположенный в системе ДРС.

Для синхронизации наземной аппаратуры при восстановлении видеосигнала на Землю передается синхросигнал I Мгц, вырабатываемый задающим генератором в блоке канала.

Основные технические данные системы:

а) угол поля зрения

- по горизонтали 48^0,
- по вертикали 36^0,

б) глубина резкости

- минимальная 2 м,
- максимальная $-\infty$;

в) разрешающая способность

- в центре растра 300-350 строк,
- в углах растра 200-250 строк;

г) нелинейность изображения

- по строке $\leq$ I2%,
- по кадру $\leq$ I2%;

д) число передаваемых градаций яркости 5-6;

е) время экспозиции 0,04 и 0,02 сек.;

ж) время передачи одного кадра изображения:

[redacted]

[redacted]

- I режим 3,2 сек.,
- П режим 5,76 сек.,
- Ш режим 10,88 сек.,
- IУ режим 21,12 сек.;

з) вес системы 12 кг;

и) средняя потребляемая мощность 25 вт;

к) ресурс работы 150 час.

Система ЭА-007 прошла комплексные испытания в КИСе завода им.Лавочкина и на технической позиции без замечаний и была допущена главным конструктором к летно-конструкторским испытаниям.

Перед проведением ЛКИ проводились ходовые испытания и тренировка экипажа на комплекте аппаратуры, специально предназначенном для этих целей.

17 ноября 1970 г. система ЭА-007 в составе "Лунохода-I" начала функционировать на поверхности Луны. В течение всех лунных дней система ЭА-007 обеспечивала работу экипажа по вождению лунохода. В каждом сеансе перед началом работы производилась настройка системы. Время настройки (совместно с наземной аппаратурой) составляло 5-10 мин.

Основным режимом работы системы ЭА-007 был выбран IУ режим (время передачи одного кадра изображения 21,12 сек.) из-за недостаточного энергетического потенциала радиолинии в связи с малым коэффициентом усиления бортовой антенны ОНА. В течение всего времени работы синхронизация изображения была устойчивой, сбоев не наблюдалось.

[redacted]

[redacted]

Всего система ЭА-007 проработала в составе "Лунохода-I" свыше I20 часов в течение II лунных дней.

С учетом работы на комплексных испытаниях общая наработка системы была 200 часов при ресурсе по ТЗ I50 часов в течение трех лунных дней.

С целью выяснения наиболее оптимального направления движения с точки зрения получения наилучшего изображения относительно направления на Солнце в третьем лунном дне проводились специальные испытания. Они показали, что система ЭА-007 обеспечивает хорошее изображение во всех направлениях, за исключением углов $\pm 30^0$ по Солнцу или против него.

За время работы на Луне система ЭА-007 передала свыше 20 тыс. кадров с изображением лунной поверхности и посадочной платформы. На рис. 5а и 5б показаны наиболее характерные кадры, переданные системой ЭА-007. Необходимо заметить,что коэффициент отражения лунной поверхности в зоне посадки об"екта "Луна-I7" оказался значительно ниже определенного астрономическими способами с Земли (примерно 0,02-0,03 вместо 0,07), что уменьшило световую модуляцию видеосигнала и контраст изображения. Кроме того, из-за отсутствия светозащитных бленд иногда наблюдались блики от Солнца на стекле иллюминатора.

Работа системы на борту "Лунохода-I" контролировалась рядом телеметрических датчиков. По телеметрическому каналу передавались номера установленных светофильтров и температура в области видикона.

[redacted]

[redacted]

Рис.5а

Рис.5б

[redacted]

Опыт работы с телевизионной системой с изменяемым временем передачи одного кадра изображения показал, что по своим качественным показателям и конструктивным характеристикам система МКТВ вполне удовлетворяет требованиям, пред"являемым к современной бортовой аппаратуре. Телевизионная система со стробоскопическим преобразованием спектра решает задачи вождения самоходных лунных станций и позволяет оперативно управлять об"ектом в процессе вождения. Система обладает определенной гибкостью за счет выбора времени передачи кадра, светотехнических характеристик и обеспечения полной совместимости с вещательным стандартом.

На основании анализа работы системы ЭА-007 даны следующие рекомендации:

- передающую телевизионную камеру на видиконе типа "Клевер" диаметром I3,6 мм (прибор Э-IOI/I33) заменить прибором ЭА-030 (на более высококачественном и чувствительном видиконе типа "Клинок-I" диаметром 26 мм;

- камеры расположить по оси лунохода, подняв одну из них на высоту I200-I400 мм;

- на иллюминаторы камер установить светозащитные бленды.

[redacted]

[redacted]

Выводы

I. ЛКИ системы ЭА-007 полностью подтвердили необходимость построения телевизионных систем, адаптируемых к времени передачи одного кадра изображения при исследовании космоса и правильность основного принципа построения таких систем - стробоскопический метод передачи изображения в сочетании с видиконом с памятью.

2. Система ЭА-007, установленная на "Луноходе-I", полностью соответствует пред"явленным к ней техническим требованиям и обеспечила оперативное наблюдение лунной поверхности для целей вождения "Лунохода-I".

3. Положительные результаты работы системы ЭА-007 в составе изделия № 203 и выполнение всех возложенных на нее функций при натурных испытаниях позволяют сделать вывод, что основные принципы, заложенные в аппаратуру МКТВ, могут быть использованы при разработке базовой аппаратуры аналогичного класса.

[redacted]

[redacted]

§ 3. Система ФТ

Фототелевизионная аппаратура "Луноход-I" предназначена для решения задач по изучению геологоморфологических и топографических особенностей лунной поверхности, уточнения трассы движения аппаратуры, а также наблюдения Земли и Солнца для целей навигации. С помощью фототелевизионной (ФТ) аппаратуры производилась передача информации от научной аппаратуры "Рифма".

Фототелевизионная аппаратура состоит из бортовых и наземных устройств. В состав бортового комплекса входят четыре панорамных камеры Я-I98 и прибор С-2I8.

Прибор С-2I8 представляет собой многофункциональное устройство, состоящее из модуляторов, хронизаторов, блока питания и автоматики.

Панорамные камеры (Я-I98) представляют собой телевизионные устройства с оптикомеханическими развертками.

Угол зрения камер по строке телевизионного разложения составляет 30^{0}.

Угловое разрешение равно 3,6′ на один элемент разложения. Количество строк в круговой панораме 6000. Камеры имеют автоматическую регулировку чувствительности. Режим работы ФЭЦ может изменяться по командам с Земли.

Бортовой комплекс ФТ может передавать изображение с двумя скоростями строчной развертки - 4 и I строк/сек. При скорости 4 строк/сек круговая панорама (360^{0}) передается за 25 мин., а при I строк/сек - за I00 минут.

[redacted]

[redacted]

Изображение передается по радиолинии с помощью частотно-модулированного сигнала на двух поднесущих частотах 130 и 190 кгц. Наличие двух поднесущих частот дало возможность производить передачу одновременно двумя камерами Я-198.

В аппаратуре ФТ применен принцип автономной синхронизации. В связи с этим в бортовом хронизаторе прибора С-218 используется задающий кварцевый генератор со стабильностью не хуже 10^{-4}, а в наземной аппаратуре - подстраиваемый кварцевый синхрогенератор.

Для управления бортовой аппаратурой имелось 20 функциональных команд. Из них семь команд можно было выдавать непосредственно с наземного пульта С-314 системы ФТ ("малая девиация", "сброс", "контраст I", "контраст П", "усиление П", "прогон" и "реверс"). С помощью этих команд можно было оперативно управлять режимами работы ФТ комплекса.

Функционально камеры Я-198 были об"единены в две пары: камеры № I и 4 и камеры № 2 и 3. Каждая пара могла решать свою определенную задачу. Камеры № I и 3 на луноходе установлены так, что их ось панорамирования была горизонтальна. Эти камеры использовались для снятия вертикальных панорам. Две другие камеры № 2 и 4 имели ось панорамирования, отклоненную на 15^{0} от вертикали. Эти камеры передавали горизонтальные панорамы и являлись основным источником информации.

Блок-схема бортовой панорамной телевизионной системы показана на рис. 6.

[redacted]

[redacted]

Рис.6

[redacted]

После завершения мягкой посадки на Луну и проведения подготовительных операций для спуска "Лунохода-I" были включены камеры № I и 3. С помощью этих камер были получены вертикальные панорамы, по которым был проведен тщательный осмотр положений трапов на поверхности и произведен выбор направления движения самоходного аппарата.

Фрагмент панорамы с изображением трапов и поверхности в направлении спуска лунохода изображен на рис. 7.

На этой панораме виден флаг СССР,детали посадочного аппарата и поверхность Луны.

Для получения представления об окружающей местности с высоты посадочного устройства были включены камеры № 2 и 4, с помощью которых были получены первые две горизонтальные панорамы.

После схода и осуществления первого движения по поверхности были вновь включены бортовые камеры и получены панорамы с первыми следами самоходного аппарата на Луне.

Фрагмент панорамы показан на рис. 8.

Как было сказано выше, передача фототелевизионного изображения происходила на двух поднесущих частотах. Обычно передача осуществлялась одновременно по двум каналам. Это обстоятельство позволило существенно увеличить об"ем передаваемой информации без удлинения времени работы бортовых приборов. Двухканальная передача позволила передавать информацию одновременно с двух панорамных камер или с одной камеры второй группы и с

[redacted]

[redacted]

Рис.7

[redacted]

Рис.8

[redacted]

научной аппаратуры "Рифма".

В ряде сеансов, когда рельеф местности нельзя было опредилить по изображению системы МКТВ, включалась система ФТ. По полученным панорамам производился анализ рельефа в районе лунохода. С помощью фототелевизионных панорам производилась оценка труднопроходимых участков маршрута лунохода. Такой анализ проводился во время первого, второго, третьего и шестого лунных дней. На рис. 9 показана панорама с участком труднопроходимой трассы. Этот участок местности после детального анализа с помощью системы ФТ был успешно преодолен.

В одиннадцатом лунном дне движение лунохода проводилось в стартстопном режиме по панорамам, полученным системой ФТ. Максимальное расстояние, на которое можно было безопасно перемещать самоходный аппарат, составляло I5 м.

Для целей навигации в процессе работы с луноходом были получены панорамы с изображением Солнца и Земли. На рис. I0 приведена панорама с изображением Солнца.

Все панорамы приняты с высоким качеством изображения. За II лунных дней было передано и принято 2I8 панорам.

Распределение по лунным дням принятых панорам приведено в табл.3, а время наработки бортовой системы ФТ - в табл. 4.

[redacted]

[redacted]

Рис.9

[redacted]

Рис.IO

Таблица 3

Количество панорам по лунным дням

Лунный день	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	Итого
Дата включения системы	I7.XI-22.XI I970	9.XП-22.XП I970	9.I-20.I I97I	7.П-I9.П I97I	9.Ш-20.Ш I97I	9.IУ-I7.IУ I97I	7.У-I5.У I97I	6.УI-I7.УI I97I	6.УП-I6.УП I97I	4.УШ-I5.УШ I97I	2.IX-I4.IX I97I	
Количество горизонтальных панорам	II	2I	I5	20	I3	I3	I9	2I	II	9	I6	I69
Количество астропанорам	9	I0	5	3	I	I	I	I	I	I	-	33
Количество технологических панорам	I	2	-	2	2	-	I	3	2	-	3	I6
Общее количество панорам	2I	33	20	25	I6	I4	2I	25	I4	I0	I9	2I8

[redacted]

[redacted]

Таблица 4

Время наработки аппаратуры, мин.

Лунный день	I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	Итого
Время работы камеры I	I20	I08	6	87	I63	2I	I0	25	7I	I6	I5	642
Время работы камеры II	I27	375	305	262	233	I59	225	287	I47	99	I50	2369
Время работы камеры III	I85	259	I45	74	-	-	-	I3	-	-	-	463
Время работы камеры IУ	I07	272	99	I87	64	I26	I76	2I4	57	73	I50	I525
Время работы аппаратуры "Рифма"	85	333	499	553	357	I20	222	I58	I20	29	-	2476
Время работы системы ФТ	3I2	72I	6I7	835	5I9	246	446	58I	248	I23	I65	48I3

[redacted]

[redacted]

[redacted]

В процессе движения по трассе проводилась передача стереопанорам. Обычно база между двумя точками панорамирования составляла от 30 см до I м.

Некоторые стереопанорамы были получены при поворотах лунохода на небольшой угол. Всего было передано около 27 стереопанорам. Из этого количества несколько панорам были обработаны группой сотрудников НИКФИ. Продемонстрированные результаты показали, что использование стереопанорам дает более полное представление о рельефе местности и тем самым обеспечивает более безопасное движение самоходного аппарата.

Использование стереоизображения открывает новые возможности для вождения самоходных аппаратов и исследования поверхности Луны.

В течение первого лунного дня работа системы ФТ прошла без замечаний. После первой лунной ночи (с 22 ноября по 9 декабря) выявились некоторые замечания в работе бортовых панорамных камер:

I. Камера Я-198-I перестала входить в синхронизм в режиме 4 строк/сек. В режиме I строки/сек камера продолжала нормально работать в течение всех последующих лунных дней.

2. Камера Я-198-II в режиме прямого хода не входила с синхронизм при низкой температуре. С разогревом самоходного аппарата (обычно в середине лунного дня) камера начинала работать нормально. Эта особенность сохранилась в течение всего периода работы лунохода.

3. В камере Я-198-III в режиме прямого хода останавливалась кадровая развертка при угле поворота примерно 320°.

В режиме обратного хода камера работала нормально. Однако после третьей лунной ночи кадровая развертка перестала работать как на прямом, так и на обратном ходу.

Детальный анализ и макетирование отмеченных замечаний показали следующие возможные причины:

I. В камере Я-198-I такой дефект мог быть вызван увеличением нагрузки в кинематической цепи развертки.

2. В камере Я-198-II дефект вызывается отсутствием контактов I-2 в реле РЭС-49 (PI или P2), коммутирующего магнитную головку МГ-I (в обесточенном состоянии).

[redacted]

[redacted]

3. В камере Я-198-Ш отсутствие кадровой развертки об"ясняется выходом из зацепления последней червячной пары, происшедшего вследствие обжима вращающегося внутреннего корпуса прибора наружным корпусом в районе крепления фланца. Обжим вращающегося корпуса приводит к срезанию зубьев червячной шестеренки кадровой развертки и к ее остановке.

Анализ также показал, что все дефекты в камерах Я-198 носят единичный, не повторяющийся от прибора к прибору, характер и возникли после первой лунной ночи, т.е. после длительного пребывания в охлажденном состоянии.

Несмотря на эти замечания система ФТ полностью обеспечила стоящие перед ней задачи во всех последующих лунных днях.

Для выявления возможных дефектов в работе камеры Я-198 при минусовой температуре на этапе изготовления на заводе введены дополнительные проверки, а также увеличено время пребывания приборов при температуре -50°С с четырех часов до суток.

В последующих лунных днях по бортовой аппаратуре замечаний не было.

Исходя из проведенного анализа работы системы ФТ в целом, направленного на улучшение качества принимаемой информации даны следующие рекомендации:

1. Необходимо рассмотреть вопрос об оптимальном размещении камер на аппарате. Предусмотреть наличие дополнительной камеры, с помощью которой можно без дополнительного перемещения лунохода получать стереоизображение. Угол наклона осей панорамных камер должен оперативно меняться.

2. Наклон камер № 2 и 4 на угол 15° от вертикали не позволяет получить панорамы с равным горизонтом, что затрудняет анализ поверхности.

[redacted]

[redacted]

3. Устранить из поля зрения камер все мешающие детали и элементы конструкции.

4. Установить на камерах Я-198 температурные датчики для оценки температурного режима. Знание действующих температур позволит найти наиболее оптимальное расположение камер и тем самым улучшить их работоспособность.

5. Рассмотреть возможность одновременной работы "Науки" с любой из камер Я-198.

Выводы

Система ФТ выполнена в соответствии с техническими требованиями и несмотря на некоторые замечания, возникшие после первой лунной ночи, полностью выполнила стоящие перед ней задачи.

Система ФТ обеспечила передачу и прием 218 панорам лунной поверхности и большой об"ем научной информации, переданной с аппаратуры "Рифма".

Система показала хорошую работоспособность и может использоваться для дальнейших космических исследований.

[redacted]

[redacted]

Глава П

НАЗЕМНЫЙ КОМАНДНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Успешному выполнению задачи освоения Луны с помощью автоматической станции "Луноход-I" способствовала четкая работа наземного командно-измерительного комплекса (НКИК), обеспечившего уверенную радиосвязь на всех этапах полета и движения об"екта на поверхность Луны. К работе с об"ектом были привлечены пункты НИП-3, НИП-6, НИП-IO, НИП-I4, НИП-I5. Основной пункт, с которого производилось управление об"ектом и работой НКИК был НИП-IO. НИП-I5 являлся дублирующим пунктом по управлению на перелете к Луне и по приему телеметрической информации о состоянии об"екта. Другие НИПы использовались для проведения траекторных измерений. В настоящем отчете представлены краткие характеристики работы НКИК при пуске об"екта Е8 № 203. Поскольку НИП-IO являлся основным, то в отчете наиболее подробно рассмотрена работа этого НИПа.

§ I. Задачи НКИК и привлекаемые средства

Наземный командно-измерительный комплекс при работе с об"ектом Е8 решал следующие задачи:

- обеспечение радиосвязи с об"ектом;
- выдачу команд по командной радиолинии (КРЛ) для управления об"ектом;
- прием телеметрической (ТМ) информации;

[redacted]

[redacted]

- проведение траекторных измерений (дальность, радиальная скорость, разность радиальных скоростей);
- прием малокадрового телевизионного изображения (МКТВ);
- прием фототелевизионного панорамного изображения (ФТ) поверхности Луны.

Обеспечение управления движением лунохода I" с помощью пункта управления луноходом (ПУЛ).

Одновременно производилась дальнейшая отработка линий связи Земля-борт и борт-Земля и оценка точности внешнетраекторных измерений системы ДРК в условиях быстропеременного движения об"екта. При нахождении об"екта на орбите ИСЛ производилась также оценка влияния отраженного сигнала на прохождение команд в дециметровом и метровом диапазонах волн.

Для выполнения указанных задач привлекались следующие научно-измерительные пункты:

Таблица 5

Траекторные измерения	ΔḊ	КРЛ	ТМ	ФТ	МКТВ	Примечание
НИП-I	-	-	+	-	-	На Сп
НИП-3 ДḊ (до 200 тыс.км)	ВИП	-	-	-	-	
НИП-6 ДḊ (до 200 тыс.км)	ВИП	+	+	-	-	
НИП-I0	-	+	+	+	+	Управление об"ектом
НИП-I4ДḊ (до 200 тыс.км.)	ВИП	-	-	-	-	
НИП-I5 ДḊ	ГИП	+	+	-	-	
НИП-I6 ДḊ	ГИП	+	+	-	-	

[redacted]

[redacted]

На НИП-10 был создан центр управления об"ектом и базировалась главная оперативная группа управления (ГОГУ).

Радиокомплекс НИП-10 являлся основным по приему и обработке всей информации. Радиокомплекс НИП-16 - основной по траекторным измерениям в составе западного треугольника НИП-16, НИП-14, НИП-3.

Комплекс НИП-15 - дублирующий НИП-10 и основной по траекторным измерениям в составе восточного треугольника НИП-15, НИП-6, НИП-3.

Во время ремонта приемной антенны ТНА-400 на НИП-10 (апрель 1971 г.) НИП-16 дублировал высокочастотную часть приемного тракта. Прием сигнала осуществлялся на антенны АДУ-1000 и выделенные системой 4Л сигналы информативных поднесущих частот передавались по радиорелейным линиям связи Р-600 и ТМ-110 на НИП-10 для дальнейшей демодуляции и регистрации.

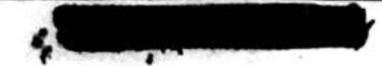
§ 2. Работа НИПов при натурных испытаниях

НИП-КИА и НИП-1

В период предстартовых испытаний и подготовки об"екта к пуску на стартовой позиции выполнялись следующие задачи:

- проверка функционирования бортовых систем;
- управление режимом работы систем по КРЛ с квитированием команд и уставок;
- прием и регистрация телеметрической информации.

[redacted]


[redacted]

Для выполнения поставленных задач были привлечены средства контрольно-испытательной аппаратуры НИП-КИА и средства НИП-I.

На НИП-I прием осуществлялся антенной КТНА-200 с системой Е2/Iа. Отношение мощности сигнала к мощности шума в полосе 50 кгц было $P_c/P_ш$ = I0000. Радиокомплекс НИП-I выполнил поставленные задачи успешно без замечаний.

НИП-3 и НИП-I4

НИПы 3 и I4 имели основную задачу проведения траекторных измерений в качестве ВИПа (вспомогательный измерительный пункт) при измерениях разности радиальных скоростей на всех этапах полета. Кроме того, НИП-3 и НИП-I4 принимали участие в измерениях дальности и скорости на участке полета до 200 тыс.км. Для измерений был привлечен на НИПах комплекс "Сатурн-МС". По оценкам, полученным на НИПах из вычислительного центра, результаты измерений параметров движения об"екта соответствуют установленным нормам на комплекс.

Во время работы с об"ектом аппаратура комплексов функционировала нормально, замечаний нет.

НИП-I6

НИП-I6 выполнял задачи основного измерительного пункта в составе западного треугольника НИП-I6, НИП-I4, НИП-3, а также являлся резервным пунктом по выдаче команд. В работе использовался комплекс "Сатурн-МС" и приемные антенны АДУ-I000. В сеан-

[redacted]

[redacted]

сах связи производились измерения следующих параметров движения об"екта:

- дальность до об"екта;
- радиальная скорость;
- разность радиальных скоростей совместно с НИП-3 и НИП-I4;
- угловые положения об"екта.

Качество проведенных измерений по оценке вычислительного центра соответствовало нормам, установленным на комплекс "Сатурн-МС" и обеспечило выполнение поставленных задач.

Во время ремонта приемной антенны ТНА-400 на НИП-IO (апрель I97I г.) НИП-I6 дублировал высокочастотную часть приемного тракта средствами антенны АДУ-I000, входными устройствами и приемниками. Сигналы поднесущих частот информации передавались на НИП-IO по радиорелейным линиям Р-600 и ТМ-II0.

Замечаний в работе аппаратуры НИП-I6 нет.

НИП-I5

НИП-I5 выполнял задачи основного измерительного пункта в составе восточного треугольника НИП-I5, НИП-6, НИП-3 и был дублирующим пунктом по управлению об"ектом на перелете Земля-Луна и по приему телеметрической информации при работе с "Луноходом-I" на поверхности Луны. На перелете Земля-Луна и на орбите ИСЛ производилась выдача радиокоманд на об"ект, измерялись параметры траектории (дальность, радиальная скорость и разность радиальных скоростей) и осуществлялся прием телеметри-

[redacted]

[redacted]

ческой информации. По оценкам вычислительного центра качество траекторных измерений соответствовало нормам, установленным на комплекс "Сатурн-МС". Качество телеметрической информации было хорошим. Командная радиолиния работала без замечаний. С об"екта "Луноход-I" проведено I4 сеансов радиосвязи.

НИП-6

НИП-6 привлекался к работе для измерения разности радиальных скоростей в составе восточного треугольника, для дублирования НИП-I5 по приему телеметрической информации и по выдаче радиокоманд в метровом диапазоне волн.

НИП-IO

Для обеспечения работы с об"ектом Е8 № 203 во время перелета Земля-Луна на орбите ИСЛ и на поверхности Луны привлекался наземный радиотехнический комплекс дециметрового диапазона волн "Сатурн-МС" НИП-IO (рис. II). Особенностью комплекса "Сатурн-МС" на НИП-IO является то, что в его состав входят пункт управления луноходом (ПУЛ), с помощью которого производилось управление движением "Лунохода-I", а также система малокадрового телевидения (МКТВ) и система фототелевизионного приема панорамного изображения поверхности Луны. Кроме того, на НИП-IO имеется аппаратура отображения командного пункта (КП) по управлению об"ектом и работой НКИК. Комплексом "Сатурн-МС" решаются следующие задачи:

[redacted]

[redacted]

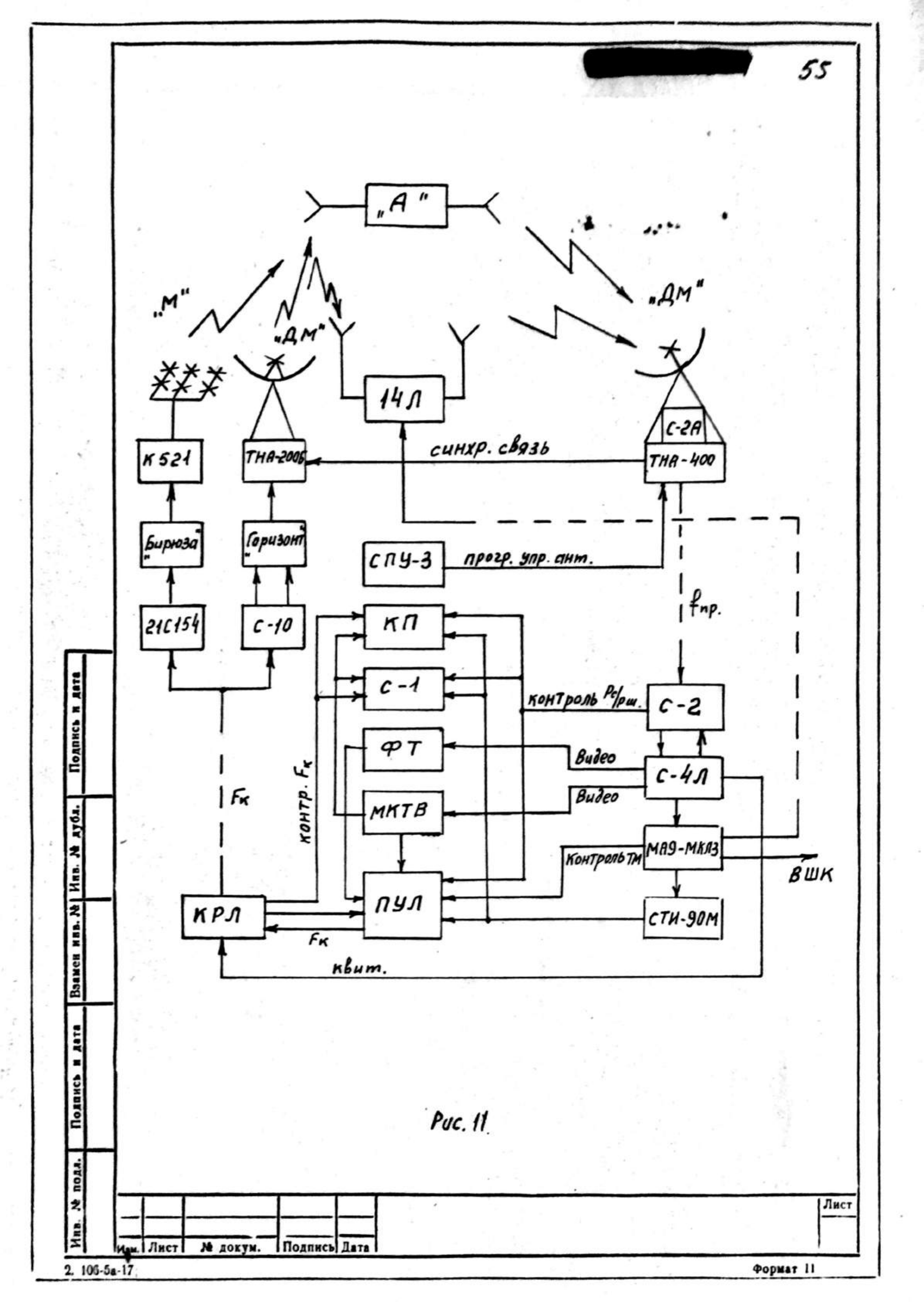


Рис. 11

[redacted]

- выдача команд для управления с Земли об"ектом Е8 на перелете, на орбите ИСЛ и на поверхности Луны;

- прием телеметрической информации, обработка и регистрация ее в виде, удобном для оперативного и полного анализа состояния об"екта, а также научных измерений;

- прием малокадрового телевизионного изображения (МКТВ);

- прием фототелевизионного изображения поверхности Луны.

При подготовке к работе комплекса "Сатурн-МС" была проверена командная радиолиния (КРЛ) по имитатору бортовой аппаратуры (система I4Л), измерены основные параметры систем и пороговые соотношения мощности сигнала к мощности шума при приеме различных видов информации:

- телеметрии в режимах 3200, 800, 400, 200 и 50 измерений в секунду;

- квитирования команд;

- информации фототелевизионного и малокадрового телевизионного изображения.

Все проверенные параметры удовлетворяли нормам в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

Радиотехническая аппаратура командного пункта управления об"ектом (КП) предназначена для отображения основных операций, производимых комплексом "Сатурн-МС" - работы КРЛ, приемных и передающих устройств и систем, обеспечивающих вхождение в связь с об"ектом.

[redacted]

[redacted]

За IO месяцев работы с об"ектом с IO ноября I970г. по 4 октября I972 г. проведено большое количество сеансов радиосвязи, выполнены полностью задачи по управлению об"ектом Е8 на перелете, орбите ИСЛ, на поверхности Луны. Получен большой об"ем телеметрической информации, автоматизированная и ручная обработка которой позволила оперативно оценивать состояние бортовых устройств и правильность выполняемых операций.

Выдано большое количество функциональных и числовых команд при высокой надежности их прохождения.

6.3. Антенны и передающие устройства

Назначение и параметры антенн НИП-IO приведены в табл.5.

Таблица 5

Антенна	Количество	Назначение	Диапазон	ШДН, град	Эффективная площадь, $м^2$	Примечание
ТНА-400	I	Приемная	ДМ, М	44,4	300	
ТНА-200Б	I	Передающая	ДМ	I	I80	
К-52I	2	Передающая	М	I2	I00	
К-5I8	2	Передающая	М	I5-I7	50	Дублирующая

[redacted]

[redacted]

Комплексом наземных антенн НИП-IO решены все задачи по обеспечению связи с об"ектом Е8. По системе программного наведения антенн (СПУ-3) и синхронной связи между ТНА-400 и ТНА-200Б за весь период работы замечаний не было.

Отмечены следующие замечания в работе антенн:

- в сеансе IO6 первого лунного дня вышел из строя магнитный пускатель передающей антенны ТНА-200Б;

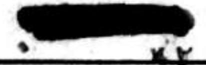
- в сеансе 2IO второго лунного дня произошло уменьшение соотношения $P_{с}/P_{ш}$ с 70 до I2 в полосе частот 50 кгц из-за выхода из строя азимутального электронного усилителя приемной антенны ТНА-400 (неисправность устранена через 7 мин.);

- в сеансе 308 третьего лунного дня резко возрос ток в приводе антенны ТНА-200Б до IOO ампер (причина - сгорело сопротивление в цепи обмоток тормозов);

- в сеансе 40I четвертого лунного дня произошло самопроизвольное опускание "зеркала" передающей антенны ТНА-200Б до срабатывания концевиков.

Все указанные замечания были устранены в сжатые сроки и не повлияли на выполнение программы работы с луноходом.

В связи с тем, что в апреле-мае I97I г. проводился ремонт антенн ТНА-200Б и ТНА-400 в соответствии с решением ВПК № I8 от 2I.0I.70г. оперативно-техническим руководством на НИП-IO было принято решение о проведении I2 и I3 апреля I97I г. технологических и натурных испытаний по осуществлению передачи видеосигнала с НИП-I6 на НИП-IO по релейным радиолиниям (РРЛ) ТМ-IIO и Р-600. Все виды информации проходили нормально, за



[redacted]

исключением телеметрии, которая шла со сбоями. Причиной сбоев являлись замирания сигнала в РРЛ (максимальное время пропадания сигнала 50 сек).

По результатам технологических и натурных испытаний оперативно техническим руководством было принято решение об осуществлении приема информации с "Лунохода-I" в седьмом лунном дне приемными средствами НИП-I6 с передачей видеосигнала по РРЛ Р-600 и ТМ-II0 на НИП-I0.

Антенны ТНА-200Б и ТНА-400 были освобождены для ремонта. После ремонта замечаний к работе антенн не было.

Передающее устройство дециметрового диапазона "Горизонт" в процессе подготовки к работе было испытано на непрерывное излучение при максимальной мощности 20 квт в течение 6-8 часов. При работе с об"ектом передатчик "Горизонт" использовался в режимах излучения I,5,I0,I5 и 20 квт. Существенных замечаний к работе передатчика "Горизонт" не было.

Передающее устройство метрового диапазона "Бирюза" было подготовлено к работе и проверено на частоте I06 Мгц при выходной мощности до I5 квт. Замечаний к работе передатчика "Бирюза" и антенн К-52I нет.

§ 4. Приемные устройства

I. Система 2а

В период подготовки и в процессе работы с об"ектом система 2а регулярно проверялась совместно с трактом АФУ ТНА-400

[redacted]

[redacted]

по изотропному, шумовому излучению внеземного источника "Кассиопея А". Для обеспечения работ с об"ектом М-71 в сантиметровом диапазоне волн была проведена модернизация системы зеркал антенны ТНА-400. В январе 1971 г. было снято селективное зеркало с целью замены его на откидное селективное зеркало, которое было поставлено на антенну в мае 1971 г.

До снятия селективного зеркала эффективная площадь антенны ТНА-400 была порядка 300 $м^2$. После снятия селективного зеркала эффективная площадь стала порядка 350 $м^2$. Затем после установки откидного зеркала эффективная площадь в откинутом положении зеркала стала снова 300 $м^2$. При этом в сантиметровом диапазоне эффективность увеличилась с использованием новых откидных зеркал.

Суммарная шумовая температура с селективным зеркалом была порядка 150 - 170$^oК$, без селективного зеркала порядка 120 - 140$^oК$.

Заливка азотом криостатов для охлаждения параметрических усилителей производилась регулярно через интервал времени порядка восьми часов. Перед ответственными сеансами производилась дозаливка криостатов азотом.

В сеансе 104 первого лунного дня вышел из строя магнетрон накачки. Для устранения неисправности потребовалось 15 мин., что привело к смещению сеанса на это время. Других замечаний не было.

[redacted]

[redacted]

2. Система 2

При подготовке к работе были проверены полосы пропускания, коэффициенты усиления приемного тракта, частоты и напряжения гетеродинных сигналов, откалиброваны полосы пропускания измерительного тракта, с помощью которого оценивается отношение $P_c/P_ш$ комплекса "Сатурн-МС", проверены регистраторы уровня принимаемого сигнала.

Информация о соотношении $P_c/P_ш$ выдавалась на систему С-I, на КП и в систему ПУЛ, где производилась регистрация уровня поля на самописцах. При работе с об"ектом измерение отношения $P_c/P_ш$ производилось в полосе 50 кгц.

В сеансе 406 четвертого лунного дня вышел из строя блок 2IБI35 стойки 2IС09 первого комплекта. Неисправность устранена через 7 мин. Других замечаний по работе системы не было.

3. Система 4Л.

Система 4Л была проверена перед работой автономно и в комплексе в режимах: ТМ-3200, ТМ-800, ТМ-400, ТМ-200, ТМ-50, ФТ, МКТВ и квитирования команд.

Все режимы и пороговые энергетические потенциалы соответствуют нормам, указанным в инструкции по эксплуатации на комплекс НИП-I0 и приведены в табл. 6.

[redacted]

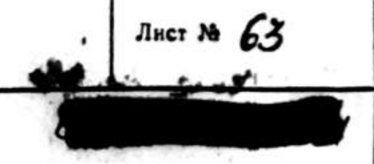
[redacted]

Таблица 6

Режим	Пороговый информативный потенциал H, гц	Примечание
ФАП-300 гц	6.10^3	
ФАП-30 гц	6.10^2	
ТМ-3200	6.10^5	0,1% ошибок
ТМ-800	$1,5.10^5$	0,1% ошибок
ТМ-400	8.10^4	0,1% ошибок
ТМ-200	4.10^4	0,1% ошибок
ТМ-50	$1,5.10^4$	0,1% ошибок
Квитирование	6.10^3	1% ошибок
ФТ	3.10^4	Ширина девиации $m = 8$
МКТВ	6.10^6	Четкость 300-350 строк

Основным режимом приема ТМ информации был режим 800 измерений в секунду (ТМ-800). В совмещенном приеме ФТ + ТМ и МКТВ + ТМ использовался режим 200 измерений в секунду (ТМ-200). Сигналы квитирования команд выдавались на командные пульты С-615Е. Замечаний по работе системы не было.

[redacted]



[redacted]

§ 5. Командная радиолиния (КРЛ)

Проверка пультов С-6I5Е перед работой была произведена автономно и в комплексе через передающие устройства "Горизонт" и "Бирюза" с помощью имитатора бортовой аппаратуры системы I4Л. В соответствии с инструкцией по эксплуатации на комплекс перед каждым сеансом производились проверки по выдаче радиокомнд с пультов С-6I5Е и через пульты управления "Лунохода-I" в системе ПУЛ и в системах ФТ и МКТВ (изменение режимов работы телевизионных систем на борту).

При работе с об"ектом Е8 за период с I7 ноября I970г. по I4 сентября I97I г. на борт выдано 24843 радиокоманды (РК), из них:

- по радиолинии метрового диапазона I966 радиокоманд;
- по радиолинии дециметрового диапазона 22877 радиокоманд.

Квитанции о прохождении команд не получено:

- при выдаче по радиолинии метрового диапазона 53 РК;
- при выдаче по радиолинии дециметрового диапазона 267 РК.

Причины:

- попадание в провал диаграммы направленности бортовых антенн метрового диапазона;
- уменьшение коэффициента модуляции бортового передатчика, что определяло малое отношение $P_{c}/P_{ш}$ по каналу квитирования в совмещении с другими видами принимаемой информации.

[redacted]


[redacted]

§ 6. Система обработки и регистрации ТМ информации

I. Система МА-9МКЛЗ

При подготовке к работе станции МА-9МК совместно с Б-375, ПРГ-9, ПРГ-9Л и ВШК (Р-323) были проверены все режимы работы и параметры аппаратуры согласно инструкциям по эксплуатации.

Выносные регистраторы ПРГ-9 в системе ПУЛ использовались для экспресс-обработки ТМ информации оперативной группой анализа, а также для работы бортинженера экипажа водителей при движении "Лунохода-I" на поверхности Луны.

ПРГ-9Л использовалось водителем и командиром экипажа для определения угловых положений "Лунохода-I" на поверхности Луны (крен, дифферент).

Телеметрическая информация передавалась по широкополосному каналу связи (ВШК) в центр сбора информации.

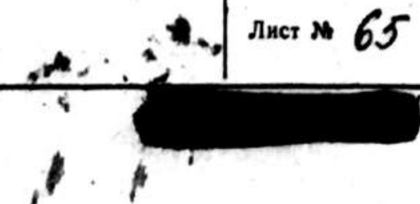
Существенных замечаний к работе МА-9МКЛЗ не было.

2. Автоматизированный комплекс обработки телеметрической информации АКОТИ (СТИ-90 и ЭВМ "Минск-22")

Подготовка системы АКОТИ к работе с об"ектом Е8 № 203 производилась в следующем порядке:

- автономные проверки функционирования узлов;
- проверки функционирования системы в целом с использованием материалов КИС отработки об"екта Е8 № 203.

[redacted]



[redacted]

Сформированные бланки АКОТИ, на которых отпечатаны параметры об"екта, передавались в оперативную группу управления об"ектом и использовались бортинженером экипажа "Лунохода-I". Приборы визуального отображения телеметрируемых параметров об"екта с изображением на электроннолучевой трубке (СТИ-95) были установлены в системах ПУЛ и С-I. Эти приборы использовались оперативной группой управления об"ектом и командиром экипажа водителей "Лунохода-I".

Замечаний к работе системы АКОТИ не было.

В некоторых сеансах время, отведенное на автоматизированную обработку, было недостаточным для сформирования всех параметров. Это время должно быть не менее 6,5 - 7 мин.

§ 7. <u>Система ПУЛ</u>

Система ПУЛ - пункт управления луноходом об"екта Е8 - предназначена для дистанционного управления луноходом об"екта Е8 при нахождении его на Луне или при проведении тренировочных испытаний с макетом на испытательной площадке.

Для осуществления дистанционного управления система об"единяет приборы, позволяющие выполнять следующие операции:

- выдачу и контроль по каналу КРЛ команд движения (I2 команд) и команд управления пространственным положением антенны ОНА (8 команд);

- контролировать на индикаторах, регистраторах и на средствах отображения данных ТМ о работе бортовых устройств;

[redacted]


[redacted]

- наблюдать за местностью по курсу движения на экранах видеоконтрольных устройств;

- контролировать пространственное положение бортовой ОНА по уровню принимаемого сигнала.

Состав системы

В состав системы входят следующие приборы:

- пульт водителя;
- пульт командира;
- пульт оператора ОНА;
- распределительный щит сигналов;
- блок задержки команд;
- прибор выработки сигналов отображения.

Кроме того, в помещении системы расположена следующая аппаратура, не входящая в нее, но обеспечивающая работу экипажа ПУЛ:

- приборы ПРГ-9 - приборы графической регистрации параметров ТМ;

- ВВЩ-I - выносной распределительный щит;

- Б377 - прибор отображения параметров ТМ;

- оборудование медицинского контроля для проверки и регистрации значений физиологических параметров у состава экипажа ПУЛ.

Дополнительно в состав системы ПУЛ введен макетный образец устройства аналоговой индикации параметров движения лунохода и ОНА - стойка ДС с выносными индикаторами (ПА-I, ПВ-I, ПК-I).

[redacted]

[redacted]

Индикаторы установлены на рабочих местах водителя, оператора ОНА и командира.

Для резервирования на НИПе развертываются два комплекта аппаратуры ПУЛ-I и ПУЛ-П.

Аппаратура системы ПУЛ обеспечивает:

- выдачу через командный пульт С-615Е 12 команд движения ("стоп", "вправо", "влево", "вперед I", "вперед П", "назад I", "назад П", "задержка I", "задержка П", "отмена задержки", "поворот 5°", "поворот 20°") и отображение их прохождения;

- выдачу через командный пульт С-615Е 8 команд управления ОНА ("поворот 5°", "поворот 20°", "поворот 180°", "влево", "вправо", "стоп ОНА", "вверх", "вниз") и отображение их прохождения;

- выдачу в системы МКТВ и ФТ сигналов "разрешение" и светоиндикацию их;

- выдачу и световую индикацию сигналов "движение", "наведение", "С-615Е";

- выдачу и световую индикацию сигнала готовности к работе I или П комплектов аппаратуры для подключения соответствующего комплекта ПУЛ к одному из командных пультов (С-615Е-I, П, Ш);

- дешифрацию команд, выдаваемых командным пультом С-615Е, и выдачу их на пультовые табло отображения систем МКТВ, ФТ;

- дешифрацию команд, выдаваемых командным пультом С-615Е, и выдачу их, после прохождения через логические схемы, эквивалентные бортовым, на коллективное табло отображения;

[redacted]

[redacted]

- прием от системы С-2 и запись на самописцах уровня напряженности поля и сигналов масштаба для определения положения ОНА в пространстве;

- прием и воспроизведение на видеоконтрольных устройствах изображения, поступающего от системы МКТВ;

- запись на графических регистраторах параметров телеметрических сигналов, поступающих от систем МА-9МК(ц);

- дешифрацию телеметрических сигналов, поступающих от системы МА-9МК(ц), и индикацию на стрелочных приборах выносных индикаторов ПВ-I, ПА-I, ПК-I параметров движения ("курс", "крен", "дифферент", "пройденный путь") и параметров, характеризующих положение ОНА ("азимут", "угол места"):

параметр "Курс" отображается в пределах $\pm 60^0$,

параметр "Крен" и "Дифферент" - в пределах $\pm 30^0$,

параметр "Пройденный путь" - 0÷6,4 м,

параметр "Угол места ОНА" - $I4^0 \div 0 \div (+I4^0)$,

параметр "Азимут ОНА" - $\pm I8^0$;

воспроизведение на экране ЭЛТ приборов Б377 групп параметров, характеризующих движение, положение ОНА в пространстве, состояние ходовой части, узлов, агрегатов и пр. по данным ТМ, поступающим от системы СТИ-90М;

- прием и индикацию точного времени по сигналам СЕВа.

В системе предусмотрена проверка и регистрация с помощью аппаратуры медицинского контроля физиологических параметров у состава экипажа при работе его за пультами.

Размещение аппаратуры на НИП-IO показано на рис. I2.

[redacted]

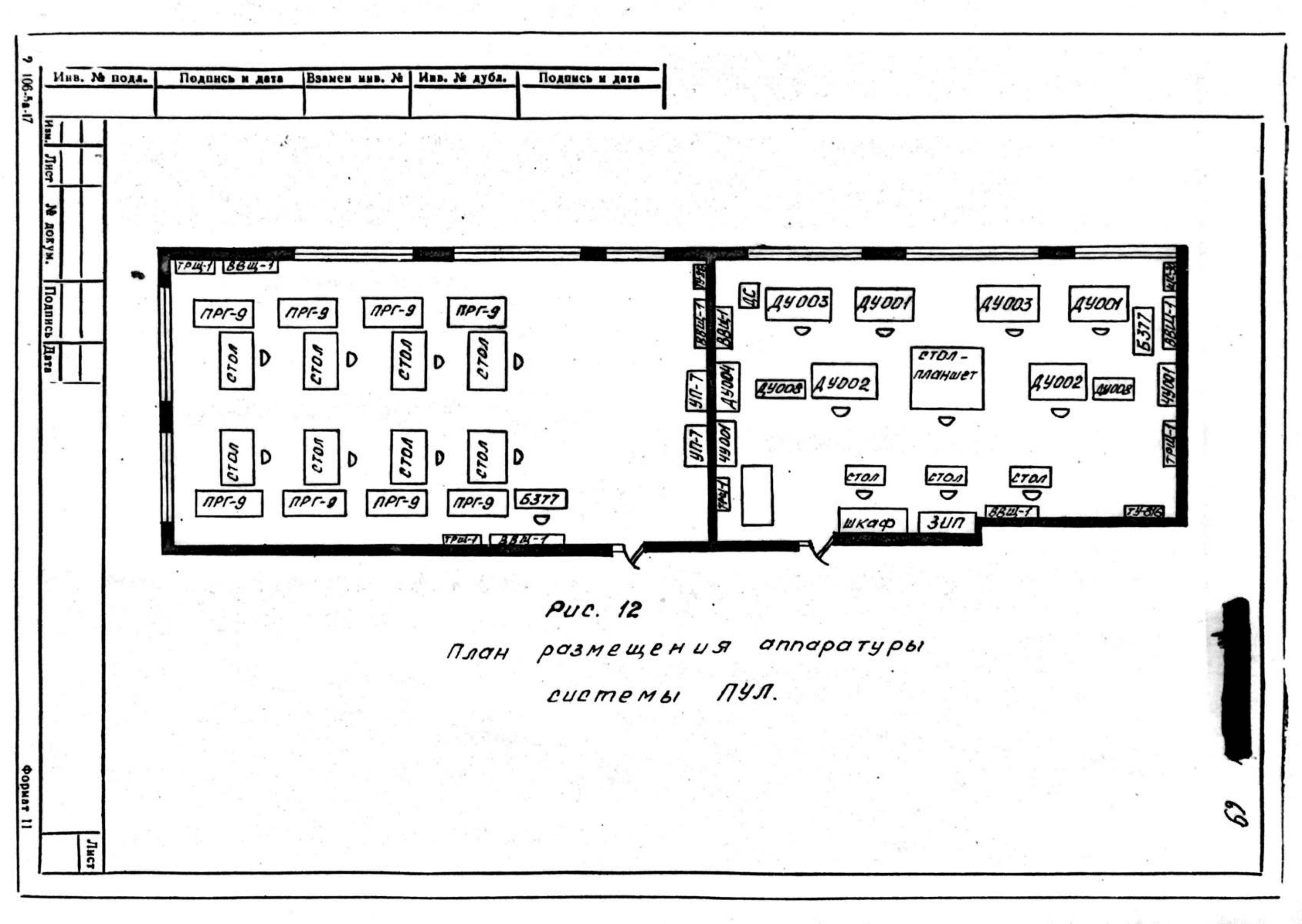


Рис. 12

План размещения аппаратуры системы ПУЛ.

[redacted]

В период проведения работ с луноходом при нахождении его на поверхности Луны не зафиксировано ни одного отказа в работе аппаратуры системы.

Аппаратура системы в полном об"еме обеспечила выполнение программы работ, возложенных на экипаж, по управлению движением лунохода, наведению ОНА и анализу ТВ и ТМ информации, характеризующих движение лунохода и состояния его систем.

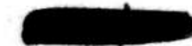
Средства управления командным пультом С-615Е, средства отображения ТМ (стрелочная индикация), отображения МКТВ, средства регистрации уровня принимаемого сигнала и средства индикации обеспечили полноту об"ема выполняемых работ и достаточность информации.

Использование аналоговых указателей положения лунохода (крен, дифферент, курс, пройденный путь) и положения ОНА (азимут, угол места) обеспечили выполнение задачи безаварийного вождения самоходного аппарата по незнакомому рельефу, наведению ОНА и принятию экипажем решений о дальнейшем движении. Аналоговые указатели исключили репортаж по громкой связи между членами экипажа о главных параметрах, характеризующих положение лунохода на грунте и пространственное положение ОНА.

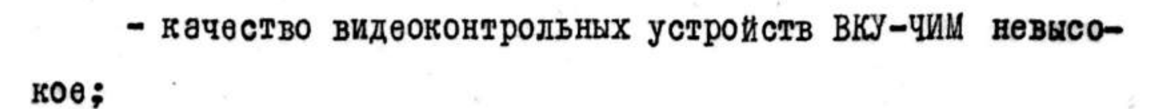
При эксплуатации аппаратуры выявился ряд дополнительных требований и недостатков, а именно:

- разработанная аппаратура системы отображения (ДУ008, ДУ011) используется или частично, или не используется совсем;

- предусмотренная в аппаратуре возможность записи на самописцах типа ПС1-02 сигнала уровня поля не ведется, так как данный самописец используется как индикатор;


[redacted]

[redacted]



- качество видеоконтрольных устройств ВКУ-ЧИМ невысокое;

- в аппаратуре отсутствует местное освещение рабочей части столов (пульта), что затрудняет проведение записей во время сеансов.

Следует особо отметить несколько стесненное рабочее пространство в помещении, где развернута аппаратура ПУЛ.

С целью обеспечения более оперативной работы с аппаратурой системы ПУЛ в последующий период необходимо:

- заменить приборы ДУ00I, ДУ002, ДУ003 на приборы ДУ00IМ, ДУ002М, ДУ003М, в которых предусмотрен ряд усовершенствований схемного и конструктивного порядка (изменен тип видеоконтрольного устройства, введено местное освещение, увеличена рабочая часть стола, введены раз"емы для связи приборов ТМ и медконтроля и т.д.);

- ввести отдельные видеоконтрольные устройства для коллективного обзора изображения членами ГОГУ;

- из"ять из аппаратуры самописцы и ввести стрелочные индикаторы сигнала уровня поля;

- доработать прибор ДУ008 в соответствии с новой логикой борта.

Штатная аппаратура должна быть более универсальной как по количеству индицируемых параметров, так и по назначению, допускать быструю смену шкал и индикаторных панелей в зависимости от характера контролируемого об"екта и назначения конкретного рабочего места оператора. Индикационная часть аппаратуры должна отвечать всем требованиям современной инже-

[redacted]

[redacted]

нерной психологии;

- предусмотреть размещение аппаратуры системы ПУЛ в новом помещении;

- ввести в прибор ДУ003 логику и индикацию пяти фиксированных положений ОНА.

§ 8. Система МКТВ

Наземная аппаратура МКТВ состоит из двух полукомплектов. В каждый полукомплект входит демодуляционная аппаратура, синхронизатор, аппаратура восстановления видеосигнала и изображения и выходные формирующие устройства. В составе аппаратуры имеются фоторегистраторы, имитатор бортового устройства и пульт управления системой МКТВ в целом.

Аппаратура рассчитана для приема телевизионного сигнала в режимах 3,2; 5,76; 10,88; 21,12 сек. на один кадр.

Изображение передается на поднесущей 750 кгц методом частотной модуляции.

Синхронизация наземных устройств производится с помощью опорной частоты 1 Мгц, замешиваемой в видеосигнал.

Для обеспечения качественного приема изображения в наземной аппаратуре предусмотрена возможность подбора наиболее оптимальной полосы входных фильтров в зависимости от рабочего режима.

Оба полукомплекта имеют в своем составе аппаратуру восстановления изображения. Первый полукомплект имел устройства восстановления изображения, действующий по принципу оптической пары.

[redacted]

[redacted]

Второй - укомплектован макетной аппаратурой и применением потенциалоскопа типа "Финт".

С помощью фоторегистраторов можно было регистрировать принимаемое изображение на 35-мм фотопленку.

При этом фоторегистраторы могли работать в режиме регистрации каждого переданного кадра (сюжета) или в режиме выборочной регистрации.

На пульте системы МКТВ (С-315) получают отображение состояния работы всех наземных устройств и бортовых приборов. В пульте предусмотрена возможность выдачи II оперативных команд для управления бортовыми приборами.

Восстановленный телевизионный сигнал преобразований в сигнал со стандартными параметрами подавался на видеоконтрольные устройства ПУЛа для экипажа водителей лунохода, а также на аппаратуру "Аристон", магнитофон "Кадр" и в линию связи. В качестве регистратора кинозаписи в сеансах первых лунных дней использовался прибор СБ-510 системы КР-200.

Аппаратура МКТВ в течение всех лунных дней обеспечивала работу экипажа по вождению лунохода. В каждом сеансе перед пред"явлением изображения экипажу производилась настройка бортовой и наземной аппаратуры. Обычно эта настройка была непродолжительной и составляла примерно 5-10 мин. В процессе вождения операторы аппаратуры МКТВ, наблюдая за качеством изображения, могли управлять бортовыми камерами и устанавливать необходимый режим их работы.

[redacted]

[redacted]

Из-за низкого энергетического потенциала в связи с малым K_y антенны ОНА изображение с борта передавалось только в IУ режиме (t_k = 2I,I2 сек.). За все время работы аппаратуры МКТВ сбоев синхронизации не наблюдалось.

В процессе работы производилось сравнение двух систем восстановления изображения. Результаты этих сравнений показали, что аппаратура на потенциалоскопе типа "Финт" работала более устойчиво и с лучшим качеством. Практически с полукомплекта аппаратуры, работающего на принципе оптической пары, другим системам изображение не выдавалось.

Из-за чрезвычайно малой световой модуляции видеосигнал, получаемый с лунохода, приходилось подвергать большему усилению. В связи с этим неравномерность и фон передающих трубок приобрели большую амплитуду. На компенсацию таких неравномерностей наземная аппаратура не была рассчитана. Поэтому в процессе работы с луноходом пришлось проводить доработку ряда приборов. Полностью скомпенсировать эту неравномерность не удалось из-за наличия ограничения видеосигнала в бортовом канале .

Во время работы проводились сравнительные испытания нескольких вариантов ЧМ демодуляторов.

Однако при таком низком индексе модуляции (0,2÷0,3), который был в процессе всех сеансов, все демодуляторы показали примерно одинаковый результат.

[redacted]

[redacted]

Рис.13а

Рис.13б

[redacted]

С целью наиболее оптимального направления движения с точки зрения получения наилучшего изображения в третьем лунном дне проводились специальные испытания. Они показали, что система МКТВ обеспечивает хорошее изображение во всех направлениях, за исключением углов $\pm 30^{\circ}$ по Солнцу или против него.

За одиннадцать лунных дней наземной системой было обеспечено около 80 сеансов движения лунохода. Было зарегистрировано более 20 тыс. кадров и получено более 25 км пленки кинофильма.

За весь период работы с луноходом наземная система МКТВ наработала более 2500 час. В это число входит время на подготовку аппаратуры к работе в сеансах связи. Замечаний к работе наземной аппаратуры МКТВ не было. На рис.13а и 13б показаны кадры, принятые системой МКТВ.

В результате анализа работы наземной аппаратуры МКТВ выявились следующие рекомендации:

1. Провести работы по улучшению технических характеристик наземной системы МКТВ.

2. Оборудовать систему МКТВ устройством восстановления изображения, построенного на потенциалоскопах типа "Финт" (прибор ЭУ-003).

3. Регистрировать изображение МКТВ только на штатных фоторегистраторах С-316 и видеомагнитофоне "Кадр" без накопления пленок с информацией (запас составляет не более 20 км магнитной пленки).

[redacted]

[redacted]

Выводы

Наземная аппаратура системы МКТВ полностью обеспечила экипаж лунохода изображением лунной поверхности. Принятая информация использовалась не только для обеспечения движения, но и для изучения особенностей рельефа и построения топографических схем движения.

Вместе с панорамами, полученными системой ФТ, изображение МКТВ представляет большой об"ем научной информации о поверхности Луны.

[redacted]

[redacted]

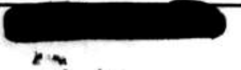
§ 9. Система ФТ

Система ФТ состоит из двух полукомплектов аппаратуры. Каждый полукомплект имеет в своем составе: демодулятор, синхрогенератор, специальные усилители, регистраторы открытой и закрытой записи и аппаратуру магнитной записи. Управление системой ФТ, выдача оперативных команд на бортовые приборы производится с пульта С-314, на котором отображается состояние бортовых приборов и набранный режим. Кроме того, в состав наземной аппаратуры входят: имитатор бортовых устройств и специализированная фотолаборатория. Демодуляторы каждого полукомплекта могут работать на любой из двух поднесущих 130 или 190 кгц. При приеме сигнала с двух камер Я-198 одновремено каждый полукомплект работает на своей поднесущей и нет резервирования.

Для обеспечения качественного приема в системе имеется возможность подбора наиболее оптимальных полос фильтров. С целью отработки оптимального приема в некоторых сеансах связи опробывался "следящий фильтр", который показал хорошую эффективность. Но в связи с тем, что соотношение $P_с/P_ш$ было почти всегда более 15, применение следящего фильтра не требовалось. Штатная аппаратура фильтрации и демодуляции позволяла надежно и качественно вести прием изображения.

Регистрация изображения наземной аппаратурой осуществлялась на аппаратах открытой записи С-645 и закрытой записи С-644, а также на аппаратах магнитной записи.

[redacted]


[redacted]

Для получения оперативной информации использовались аппараты открытой записи, в которых регистрация ведется на электрохимическую бумагу.

Высококачественное изображение получается на аппаратах закрытой записи, в которых регистрация ведется на широкоформатную фотопленку размером 220 х 300 мм. Частотно-модулированный сигнал с выхода системы ФТ записывался на специальных аппаратах магнитной записи АМЗ-62-IУ. Эти записи подвергались дополнительным радиотехническим обработкам с целью получения панорам повышенного качества.

За период проведения испытаний лунохода наземная аппаратура ФТ наработала 3000 часов. В это число входило время проведения первичного приема сигнала (во время сеансов) и время на обработку радиотехническими способами панорам.

Анализ работы наземной системы ФТ показал:

I. Аппаратура функционирует нормально и замечаний нет .

2. Следует отметить трудности в оперативном управлении бортовой аппаратурой из-за большой задержки в выдаче команд, что особенно сказывалось при работе одновременно двумя камерами. В результате затягивались сеансы и задерживалась выдача оперативной информации. Для устранения этого необходимо иметь возможность выдавать команды управления бортовой системой ФТ прямо с пульта системы.

В составе каждого полукомплекта имеется один регистратор закрытой записи (С-644).

[redacted]

[redacted]

В связи с тем, что основным режимом работы является передача изображения по двум каналам одновременно, каждый полукомплект давал потери записи при перезарядке кассет в аппаратах С-644. Эта потеря восстанавливалась после сеансов связи путем воспроизведения информации с видеомагнитофонов. Для ускорения цикла приема изображения на НИП-10 были поставлены дополнительные аппараты закрытой записи.

3. При некоторых ситуациях, возникающих при движении лунохода, экипажу необходимо получать с помощью системы ФТ дополнительную оперативную информацию. Для чего необходимо иметь в системе ПУЛ выносной индикатор типа ВКУ-С, на котором в течение приема можно иметь изображение с поверхности Луны.

4. Об"ем информации, поступающей с лунохода, очень велик и имеющаяся в системе ФТ фотолаборатория не справляется с этим об"емом работ. Для оперативности необходима вторая проявочная комната.

В результате анализа работы системы ФТ наземной можно сделать следующие рекомендации:

- выдавать все оперативные команды только с наземного пульта ФТ;

- ввести в состав системы ФТ два регистратора С-644 по одному на каждый полукомплект;

- разработать фоторегистратор непрерывной записи;

- начать разработку видеоконтрольного устройства ВКУ-С;

- расширить фотолабораторию.

[redacted]

[redacted]

§ I0. Система С-I

Первая система представляет собой командный пункт (КП) управления комплексом "Сатурн-МС", где сосредоточены:

- громкоговорящая связь ведущего со всеми службами и системами комплекса;

- приборы, позволяющие выбирать режимы работы комплекса "Сатурн-МС" (излучение дециметровое, излучение метровое, квитирование I-го или 2-го комплектов приемного устройства и т.д.);

- приборы визуального наблюдения обнаружения сигнала и вхождения в связь;

- приборы измерения и регистрации отношения $P_c/P_ш$;

- индикация и отображение выдаваемых команд, обратного контроля команд в эфире;

- приборы контроля телеметрического сигнала;

- приборы формирования и индикации точного времени.

В процессе проведения работы все приборы функционировали нормально. Организация работы по управлению комплексом производилась в соответствии с инструкцией по эксплуатации ИЮI.382.204 И/с.

В сеансах движения лунохода на поверхности Луны ведущий КП системы "Сатурн-МС" передавал управление по КРЛ командиру экипажа водителей в системе ПУЛ.

[redacted]

[redacted]

§ II. Аппаратура командного пункта управления об"ектом (КП)

Аппаратура командного пункта (КП) расположена в комнате IO здания № I и предназначена для визуального контроля при управлении об"ектом следующих параметров и режимов работы комплекса "Сатурн-МС" НИП-IO:

- выдача функциональных и числовых команд в метровом и дециметровом диапазонах с квитированием и без квитирования;
- панорамного обнаружения сигнала;
- индикации синхронизации наземной системы ФАП после вхождения в связь в виде кольца на экране осциллографа;
- индикации и регистрации уровня принимаемого сигнала с оценкой отношения $P_c/P_ш$;
- индикации принимаемой телеметрической информации на экране прибора Б-398;
- индикации изменения величины доплеровского сдвига частоты с помощью частотомера типа ЧЗ-3;
- индикации точного времени на табло прибора 2IБ-500.

Аппаратура КП работала без замечаний.

При проведении работ по управлению движением луноходом можно сделать следующие рекомендации:

- отделить СТУ от экипажа, разместив ее в специально оборудованном для этих целей КП;
- повысить надежности работы комплекса "Сатурн-МС", особенно в части автоматизированной обработки информации,

[redacted]

[redacted]

необходимо в кратчайшие сроки заменить макетную аппаратуру СТИ-90М;

- оснастить комплекс "Сатурн-МС" на НИП-10 новыми антеннами П-400, что позволит поднять энергетический потенциал и обеспечит повышение качества передаваемой информации, особенно в совмещенных режимах.

Выводы

1. Задачи по обеспечению натурных испытаний на участке перелета, возложенные на НКИК, выполнены полностью.

2. Комплекс "Сатурн-МС" на НИП-10 обеспечил выполнение программы научных измерений на поверхности Луны и надежное управление движением лунохода.

3. Аппаратура отображения, сосредоточенная на КП, обеспечила четкое проведение работ по управлению об"ектом на перелете и при посадке.

На этапе управления движением лунохода оперативная группа находилась в помещении ПУЛ вместе с экипажем лунохода, что при ограниченной площади привело к перегрузке помещения и затрудняло работу экипажа.

[redacted]

[redacted]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

I. Бортовая аппаратура РК-Е8 и наземный комплекс "Сатурн-МС" полностью обеспечили:

- задачи управления системами об"екта и контроля за орбитой полета при выведении об"екта типа Е8 к Луне;
- посадку в заданном районе на поверхности Луны;
- управление движением лунной автоматической станцией типа "Луноход-I";
- проведение штурманских счислений курса с помощью телевизионных средств об"екта.

2. Аппаратура РК-Е8, установленная на изделии № 203, полностью соответствует пред"явленным к ней техническим требованиям и совместно с наземными средствами "Сатурн-МС" позволила оперативно управлять системами об"екта на всех этапах летно-конструкторских испытаний.

3. Положительные результаты работы аппаратуры РК-Е8 и выполнение в составе изделия № 203 всех возложенных функций при натурных испытаниях позволяют сделать вывод, что система РК-Е8 может быть использована как базовая при разработке аппаратуры аналогичного класса.

4. Установленные на изделии антенны ОНА и МНА, разработанные предприятием п/я А-7544, имеют отклонение от согласованных норм по следующим параметрам:

- ОНА имеет коэффициент усиления (K_y) меньше ожидаемой величины в ≈ 5 раз и диаграмму несколько шире заданной;

[redacted]

[redacted]

МНА имеет $K_у$ меньше ожидаемой величины в ≈ 2 раза.

5. Отдельные отказы аппаратуры в процессе натурных испытаний являются отказами в данном экземпляре, не являются дефектом вида и на последующие изделия не распространяются.

[redacted]